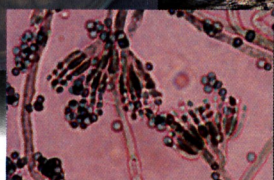
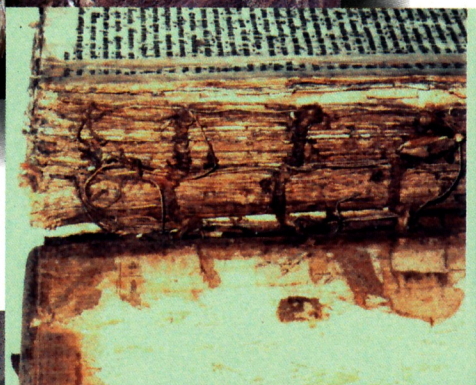


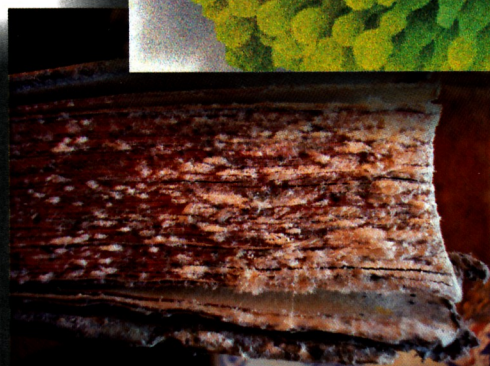
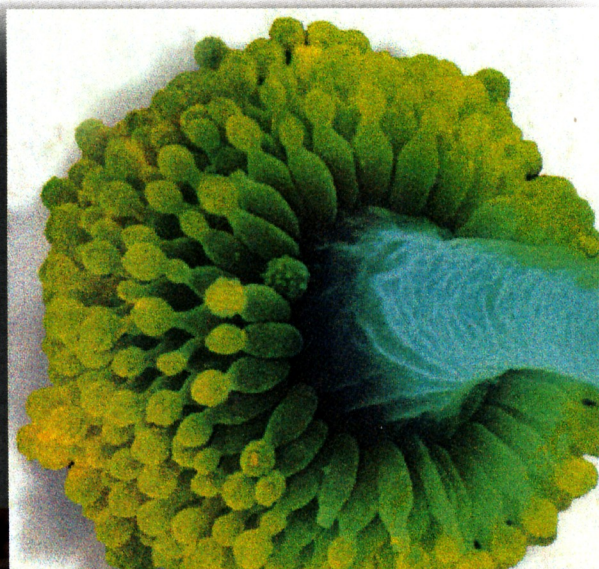
MARIANA MUSTAȚĂ, GHEORGHE MUSTAȚĂ

**BIOLOGIA ÎN CONSERVAREA
OPEREI DE ARTĂ**



Agenții biodeterioratori pot provoca pagube considerabile unor bunuri de patrimoniu, iar pentru combaterea lor și pentru asigurarea condițiilor ecologice optime de conservare a acestor bunuri trebuie să se pornească de la cunoașterea științifică a fiecărei specii. În acest volum sunt prezentate unele specii biodeterioratoare din regnurile Monera, Protocista și Fungi și unele specii patogene.

Lucrarea se adresează studenților, masteranzilor și tuturor celor care se ocupă cu probleme legate de conservarea bunurilor de patrimoniu.



Grant C.N.C.S.I.S. 1181/2006-2008

Referenți științifici:

Prof.dr. Mihai Mititiuc

Șef lucrări dr. Mihai Costică

Redactor: Dana Zămosteanu

Tehnoredactori: Elena Alexandrina Dunică, Florentina Crucerescu

Coperta: Manuela Oboroceanu

ISBN 978-973-703-405-2

© Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza”, 2009
700511 Iași, str. Păcurari nr. 9, tel./fax: 0232-314947

PREFAȚĂ

Volumul de față se adresează studenților, masteranzilor și tuturor celor care se ocupă cu probleme legate de conservarea bunurilor de patrimoniu.

Agenții biodeterioratori pot provoca pagube considerabile unor bunuri de patrimoniu, iar pentru combaterea lor și pentru asigurarea condițiilor ecologice optime de conservare a acestor bunuri trebuie să se pornească de la cunoașterea științifică a fiecărei specii.

În acest volum prezentăm unele specii biodeterioratoare din regnurile Monera, Protoctista și Fungi, urmând ca pe cele din regnurile Plantae și Animalia să le prezentăm în volumele următoare. Am prins în materialul nostru și unele specii patogene, care pot provoca neajunsuri și chiar boli grave persoanelor care nu respectă regulile de igienă în timpul lucrului. Specialiștii din domeniul conservării bunurilor de patrimoniu pot lucra în depozite, necropole sau sunt puși în situația de a face investigații în locuri puternic contaminate de unii agenți patogeni.

Aceștia trebuie să conștientizeze că pot apare riscuri mari de contaminare cu sporii foarte rezistenți ai unor agenți patogeni, așa că trebuie să respecte cu strictețe regulile de igienă atunci când prelevează diferite probe, fac observații ecologice sau prelucrează științific probele.

*Cursul **Biologia în conservarea operei de artă** stă la baza cursului de **Etiopatologia operei de artă**, care urmează să apară în curând.*

Cunoscând care sunt presiunile la care sunt supuse bunurile de patrimoniu din țara noastră și cât de mare este nevoia de specialiști care să asigure conservarea acestui tezaur național, sperăm să fie cât mai mare numărul celor care vor îmbrățișa meseria de conservatori ai bunurilor de patrimoniu (operei de artă).

Autorii

REGNUL MONERA

Include toate organismele procariote. Prin procariote înțelegem, de fapt, Bacterii. În conceptul de Bacterii vom cuprinde și așa-numitele alge albastre-verzi sau Cyanophyceae, care sunt Cyanobacterii.

BACTERIA

Bacteriile sunt organisme primordiale. Dimensiunile lor variază între 0,125-0,250 μm ($1 \mu\text{m} = 1 \mu = 0,001 \text{ mm}$) la Mycoplasma și peste 500 μm la unele bacterii filamentoase.

Înmulțirea bacteriilor se face prin diviziune simplă. Există și un fenomen de **parasexualitate** sau **protosexualitate**. Acest proces constă într-un transfer de material genetic. Donatorul este considerat mascul, iar primitorul femelă.

Bacteriile sunt unicelulare. Ele pot forma însă și structuri coloniale. La *Beggiatoa* și *Sphaerotilus* coloniile sunt filamentoase. Apariția formelor coloniale reprezintă o tendință către pluricelularitate. La unele cianobacterii (Nostoc, Anabaena etc.) apare o diferențiere structurală și funcțională a celulelor în cadrul coloniilor. Se stabilesc chiar legături între celule, prin **plasmodesme**, care fac posibil transferul de nutrienți între celulele coloniei.

Totuși, la procariote nu întâlnim forme pluricelulare.

Bacteriile sunt cele mai vechi organisme de pe Terra, cu o vechime de peste 3,8 miliarde de ani. Supraviețuirea lor ar putea fi explicată prin dimensiunile mici, metabolismul foarte intens și prin capacitatea de multiplicare rapidă. A fost determinată și de diferențierea funcțională care a părut și s-a accentuat în timp. O foarte mare parte din timpul geologic Terra a fost populată numai de procariote. Diferențierea ecologică în producători, consumatori și descompunători a făcut posibilă supraviețuirea lor. Producătorii sunt reprezentați de bacteriile foto- și chemoautotrofe, consumatorii de bacteriile heterotrofe, iar o mare parte dintre bacterii sunt descompunătoare de substanțe organice. Diferențierea funcțională a procariotelor a reprezentat condiția esențială a durabilității lor. Evoluția a condus, prin apariția eucariotelor, la diferențierea funcțională mult mai amplă și mai subtilă a organismelor.

Dimensiunile bacteriilor

Cele mai mici bacterii aparțin genului *Mycoplasma* 125-250 nm, iar cele mai mari pot ajunge până la 500 μm, ca *Saprospira grandis*. Cele mai mici bacterii sunt cam de dimensiunile unor virusuri mai mari (*Poxvirus*).

Caracteristicile structurale ale bacteriilor

Deși bacteriile au fost puse în evidență încă din 1675 de către **Leeuwenhoek**, **conceptul de bacterie** a prins contur abia în deceniul al șaptelea al secolului XX. **Stanier** a demonstrat că lumea bacteriilor este caracterizată prin unitatea structurală comună – celula procariotă.

Forma bacteriilor este determinată genetic și variază foarte mult, unele elemente structurale constituind criterii taxonomice de diferențiere a speciilor și a taxonilor superiori.

După forma celulelor și a modului lor de grupare după diviziune deosebim: bacterii sferice (coci), bacterii cilindrice (bacili), bacterii spiralate sau elicoidale, bacterii filamentoase și bacterii pătrate (fig. 1.1).

Cocii sunt bacterii sferice, ovoidale sau elipsoidale, unele forme fiind neregulate (fig.1.2.), diametrele celulei fiind oarecum egale.

După aranjamentul celular în urma diviziunii deosebim mai multe tipuri de coci:

- **cocul simplu**, la care celulele rămân izolate după diviziune;
- **diplococul**, la care celulele rămân unite două câte două (*Streptococcus pneumoniae*);
- **streptococul**, la care celulele se dispun în lanțuri cu lungimi variabile, asemănătoare cu șiragurile de mărgelă (*Streptococcus pyogenes*);
- **tetracocul** sau **tetrada**, la care celulele sunt dispuse în grupe de câte patru, în urma a două diviziuni succesive perpendiculare (*Micrococcus tetragenus*);
- **sarcina**, la care celulele sunt grupate în cuburi sau pachete de câte 8 celule (*Sarcina aurantica*);

stafilococul, la care celulele se dispun sub formă de ciorchine (*Staphylococcus aureus*).

Bacteriile cilindrice se mai numesc **bacili** și au aspectul unor bastonașe. Bacilii pot fi retezați la capete sau rotunjiți, putând avea aspecte diferite: **cocobacili** atunci când sunt rotunjiți la capete și au aspect sferic-ovalar; pot avea capetele drepte ca la *Bacillus anthracis*, sau ascuțite, căpătând aspect fusiform, ca la *Fusobacterium fusiformis*.

După dispunerea bacililor în spațiu putem deosebim:

- **bacili simpli**, care rămân izolați după diviziune;
- **diplobacili** când sunt grupați câte doi;

- **streptobacili** când sunt asamblați în lanțuri de diferite lungimi;
- bacilii se pot dispune și în palisadă (ca zăbrelele unui gard) sau în rozetă.

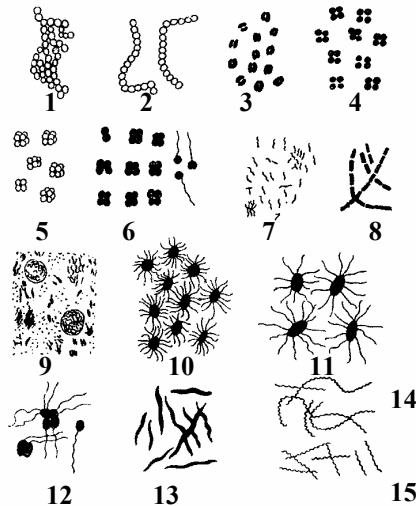


Fig. 1.1. Tipuri principale de bacterii:

1-2. *Micrococcus aureus*; 3. *M. gonorrhoeae*; 4. *M. tetragenus*; 5. *Sarcina ventriculus*; 6. *Planococcus roseus*; 7. *Microspira comma*; 8. *Bacillus anthracis*; 9. *Myobacterium tuberculosis*; 10. *Bacterium typhi*; 11. *B. subtilis*; 12. *Planosarcina mobilis*; 13. *Spirillum tenue*; 14. *Spirochaete plicatilis*; 15. *S. pallida* (după N. Topală, 1980)

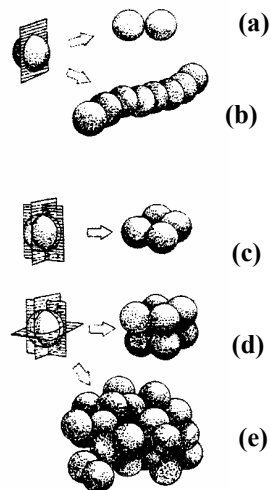


Fig. 1.2. Variante de aranjare a cocilor, în funcție de planurile de diviziune:
a. diplococi; b. streptococi; c. tetradă; d. sarcină; e. stafilococi

Bacteriile spiralate sau elicoidale sunt, la rândul lor, de trei tipuri:

- **vibrionul**, care are formă de virgulă (*Vibrio cholerae*);
- **spirilul**, în formă de spirală rigidă cu mai multe spire (*Spirillum volutans*);
- **spirocheta**, în formă de spirală flexibilă, care se poate strânge sau relaxa și are mai multe spire (*Treponema*, *Leptospira*).

Bacteriile filamentoase se aseamănă mult cu fungii deoarece formează un fel de hife ramificate, dând aspect de miceliu, așa cum întâlnim la actinomicete (fig. 1.3). La *Sphaerotilus natans*, filamentul este format din dispunerea celulelor în lanțuri, ținute printr-o placă comună.

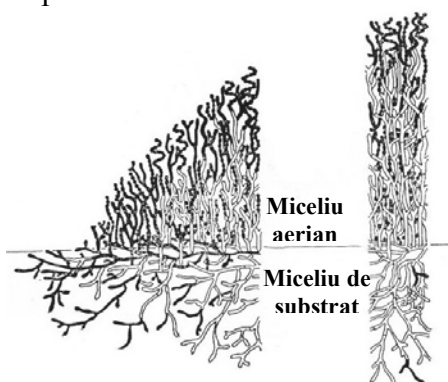


Fig. 1.3. Reprezentarea schematică a unei secțiuni verticale prin centrul unei colonii de *Streptomyces coelicolor* în momentul maxim al sporulării. Celulele intacte sunt reprezentate în negru, iar cele în curs de dezintegrare sau complet lizate în alb (după Zarnea, 1983)

Bacteriile pătrate au forma unor cuburi. Celulele sunt unite printr-o teacă. Uneori celulele sunt dispuse neregulat în interior.

Structura celulei procariote

Celula procariotelor are o structură caracteristică. La exterior se găsește un perete celular care învelește membrana citoplasmatică și care se deosebește prin compoziția chimică de peretele celulozic al celulei vegetale. La exteriorul acestui perete se poate găsi și o capsulă. Citoplasma conține un număr mare de ribozomi, care au rol în sinteza proteinelor. Nu se găsesc alte organite, iar nucleul este lipsit de o membrană nucleară proprie. Pentru deplasare prezintă flageli sau pili (fig. 1.4).

Ținând cont de peretele celular constituenții celulei procariote (bacteriene) pot fi grupați în două categorii:

- extraparietali: - capsula, stratul mucos, glicocalixul, „spini”, flagelii, fimbriile și pili;

- intraparietali: - membrana plasmatică, mezosomii, citoplasma, nucleoidul, ribosomii, aparatul fotosintetic, sporul, vacuolele, rhabidosomii, magnetosomii, incluziunile.

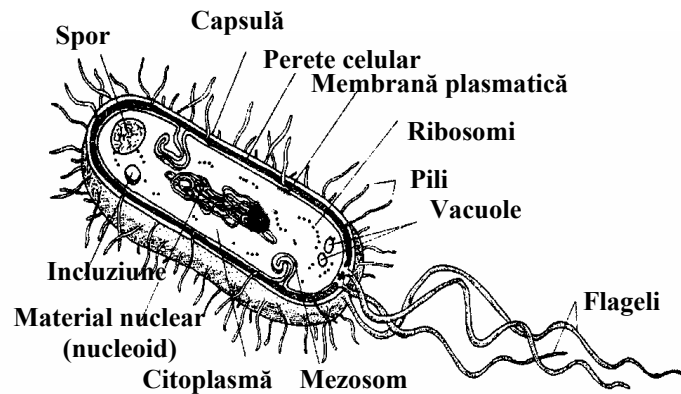


Fig. 1.4. Structura unei celule bacteriene tipice (după C. Măzăreanu, 1999)

Peretele celular

Acoperă membrana citoplasmatică și poate să fie, la rândul său, acoperit de o capsulă sau de un strat mucos.

Peretele celular reprezintă 15-30% din greutatea uscată a celulei bacteriene. Este rigid și asigură forma celulei. Rigiditatea peretelui este dată de prezența unui peptidoglican – **mureina**.

Peretele celular este organizat după cele două tipuri de bacterii: **Gram pozitive** și **Gram negative**.

La bacteriile **Gram pozitive** peretele celular este format dintr-o pătură de **mureină** și acid **teicoic** în proporții aproape egale, fără delimitări distincte. Urmează spațiul periplasmatic și apoi membrana celulară citoplasmatică (plasmalema) (fig. 1.5).

Acidul teicoic joacă rol în activitatea și stabilitatea membranei citoplasmatică.

La bacteriile **Gram negative** peretele celular este mult mai subțire, însă cu o structură mai complexă:

- un înveliș extern (manșon extern) cu structură tristratificată, gros de 9-13 nm, format din lipoproteine și lipopolizaharide;
- urmează pătura de mureină care este subțire și vine în contact mai mult sau mai puțin, în funcție de specii, cu învelișul extern;

- spațiul periplasmatic, care face legătura cu membrana citoplasmatică (plasmalema). Manșonul extern este responsabil de specificitatea antigenică (fig. 1.6).

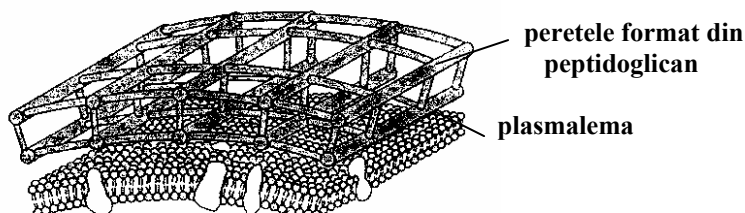


Fig. 1.5. Structura peretelui la bacteriile Gram-pozitive (după Levin)

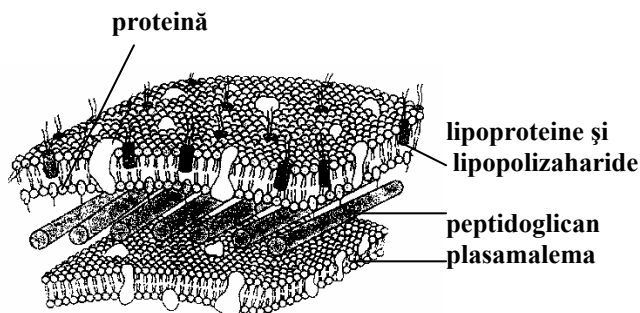


Fig. 1.6 Structura peretelui la bacteriile Gram-negative (după Levin)

Peretele celular are rol în menținerea formei normale a celulei și protejarea ei împotriva factorilor nefavorabili de mediu. Peretele celular participă la diviziunea celulei formând septul parietal transversal. Unii constituenți ai peretelui celular au rol de receptori pentru fixarea bacteriofagilor.

Mycoplasmele sunt lipsite de pereți celulari. Ele acționează ca paraziți intracelulari.

Mureina are rol în menținerea formei celulei și asigurarea rigidității peretelui celular. Mureina este atacată și hidrolizată de lizozim. Dacă într-o cultură de bacterii adăugăm lizozim are loc depolimerizarea mureinei, peretele își pierde rigiditatea, iar celulele devin sferice. Bacteriile Gram pozitive tratate cu lizozim pierd peretele celular, iar celula rămâne delimitată numai de membrana citoplasmatică. Aceste celule se numesc **protoplaști**.

La bacteriile Gram negative lizozimul distruge doar pătura de mureină, iar manșonul extern rămâne intact. Și aceste celule bacteriene devin sferice și se

numesc **sferoplaste**. Sferoplaștii se obțin și prin tratarea bacteriilor Gram negative cu penicilină.

Spre deosebire de sferoplaști, protoplaștii se multiplică numai în medii solide, nu și lichide.

Membrana citoplasmatică

Aderă la peretele celular și delimitează citoplasma la exterior. La microscopul electronic are o structură tristratificată, caracteristică tuturor membranelor celulare. Grosimea membranei este de 7,5-10 nm, este formată din 40-70% proteine, 15-40% lipide și 10-20% glucide. Modelul de structură se propune a fi cel imaginat de **Singer-Nicolson**, 1972 – **modelul mozaicului fluid** (fig. 1.7).

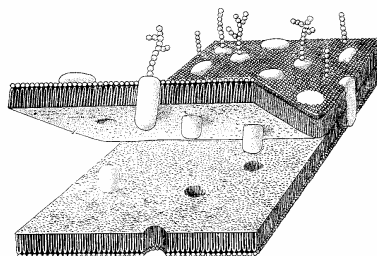


Fig. 1.7. Evidențierea structurii membranei plasmatică, de-a lungul planului central (după Staehlin și Hull, 1979)

Fosfolipidele formează un film fluid, discontinuu, în care „plutesc” proteine globulare. Glucidele interacționează cu proteinele sau cu fosfolipidele.

Prin proprietățile sale de permeabilitate controlează pătrunderea și ieșirea din citoplasmă a diferitelor substanțe. Sistemele enzimatică, așa-numitele **permeaze**, asigură pătrunderea unor substanțe nutritive. Aceste sisteme permit bacteriilor să concentreze în citoplasmă cantități mari de substanțe.

Membrana citoplasmatică prezintă numeroase invaginări veziculare, tubulare sau lamelare, care pătrund în citoplasmă și care împreună cu membrana formează **sistemul membranal unic** (unit membrana).

Se poate stabili un raport direct între suprafața totală a membranei și activitatea metabolică a celulei.

Invaginările membranei poartă numele de **mezosomi**. Se prezintă ca niște punji formate de membrana citoplasmatică și pot conține lamele membranoase, tubuli sau vezicule. Mezosomii conțin unul sau mai mulți tubuli înrulați în punga pe care o formează (fig. 1.8). Mezosomii sunt mai numeroși și mai bine puși în evidență la bacteriile Gram-pozitive, la cele Gram-negative sunt mai greu de observat.

Mezosomii se formează prin invaginarea membranei celulare în zona în care creșterea membranei este mai rapidă decât a peretelui celular. De mezosomi se fixează genomul bacterian.

La bacteriile Gram negative mezosomii sunt mai puțin dezvoltati. Au forma unor membrane înrulate. La **Caulobacter** și **Achromobacter** s-au pus în evidență mezosomi asemănători cu cei de la bacteriile Gram pozitive. Membrana citoplasmatică are rol energetic, coordonează creșterea și diviziunea celulară, inițiază replicarea cromozomului bacterian și asigură separarea cromozomilor fii prin formarea septului transversal de diviziune.

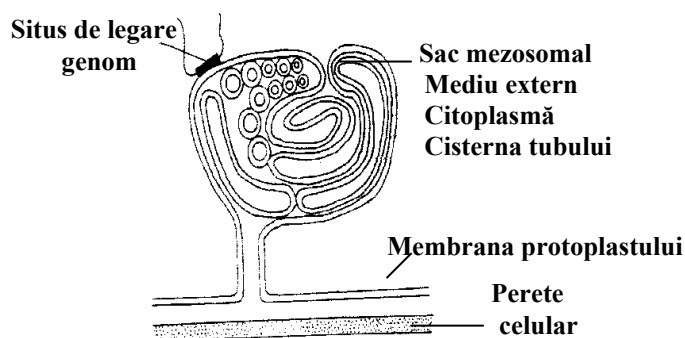


Fig. 1.8. Structura schematică a mezosomului bacterian (după G. Zarnea, 1983)

Citoplasma

Reprezintă un sistem coloidal complex, format din proteine, glucide, lipide, apă, săruri minerale și o serie de alte substanțe care variază cantitativ și calitativ în funcție de starea funcțională și de vârsta celulei. Este o masă hialină, omogenă, amorfă, intens colorabilă care aderă strâns la membrana citoplasmatică.

În citoplasmă se găsesc ribozomi și granulații diferențiate. Conținutul în ARN îi conferă proprietăți bazofile. Chiar dacă există curenți citoplasmatici aceștia sunt foarte slabi.

Materialul nuclear sau „nucleul” bacterian

„Nucleul” bacterian are o formă primitivă de organizare ca urmare a lipsei unei membrane proprii. Datorită lipsei membranei proprii materialul nuclear este numit în mod diferit: **nucleoid**, **nucleosom**, **material nuclear**, **nucleoplasmă**, **echivalent nuclear** sau chiar **nucleu**, prin analogii funcționale cu cel de la eucariote. Este mai corect să nu folosim noțiunea de nucleu bacterian pentru a nu estompa diferența radicală dintre procariote și eucariote. Materialul genetic bacterian nu este protejat de o membrană nucleară.

Materialul nuclear este localizat în regiunea centrală a celulei. Apare ca o zonă mai clară și cu o densitate mai mică decât cea a citoplasmei. Regiunea nucleară este formată din fibrile fine cu diametrul cuprins între 2,0 și 5,0 nm care fac parte din cromozomul bacterian. Cromozomul bacterian, numit și **nucleosom**, **genofo** sau **lineom** este format dintr-o singură moleculă de ADN dublu catenar, care este de 1000 de ori mai mare decât lungimea celulei.

Structura cromozomului poate fi diferită, realizându-se o împachetare a filamentului de ADN după modelul **Worcel** și **Burgi** (1972) sau **Pettijohn** (1974).

Cromozomul bacterian are un aspect circular, diametrul ajungând până la 350 μm. Privit în secțiune apare format dintr-un număr de 40-100 de bucle mari, care sunt unite la bază prin filamente de ARN.

Fiecare buclă apare (în secțiune) ca fiind formată din bucle superhelice, la care putem pune în evidență helixul format de macromolecula de ADN (fig. 1.9).

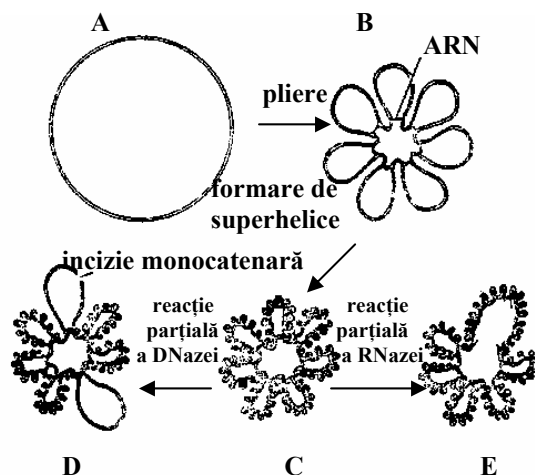


Fig. 1.9. Structura cromosomului la bacterii (după Zarnea, 1983)

Cromozomul bacterian are informația genetică necesară pentru procesele metabolice de biosinteză, creștere și diviziune celulară și pentru asigurarea arhitecturii celulei și a evoluției sale.

Ribosomii

Sunt formațiuni nucleoproteice intracitoplasmatiche cu formă stabilă. Se caracterizează prin **constanta de sedimentare** la centrifugă, măsurată în unități S (Svedberg) și prin capacitatea de a participa la sinteza proteinelor **in vitro**.

La procariote se găsesc în citoplasmă, în faza de creștere activă, 1500-100000 de particule ribosomale, având constanta de sedimentare de 70S (g.m. 3 x

10^6 dal). Aceste particule au tendința de a se disocia rapid în două subunități mai mici, inegale cu constantele de sedimentare de 30 S și 50 S.

Mărimea și stabilitatea ribosomilor este dată de concentrația ionilor de Mg^{2+} și K^+ . Ribosomii 70 S, caracteristici celulelor procariote se disociază reversibil în prezența unei concentrații reduse de Mg^{2+} , în cantități stoichiometrice de subunități 30 S și 50 S, și se reasamblează atunci când concentrația Mg^{2+} crește, după relația: $70\text{ S} \Leftrightarrow 30\text{ S} + 50\text{ S}$.

Subunitatea mică are trei regiuni: un cap, o bază și o platformă. Subunitatea mare are o protuberanță centrală, un peduncul și o creastă (fig. 1.10).

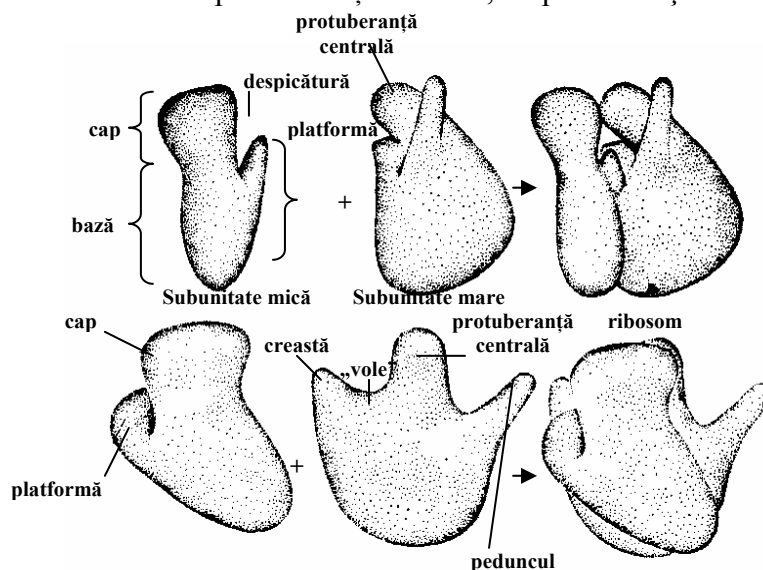


Fig. 1.10. Reprezentarea schematică a subunităților ribosomale 30 S și 70 S (după Zarnea, 1983)

Ribosomii au rol esențial în traducerea informației genetice, funcționând ca adevărate „uzini” de proteine. Pentru această activitate cele două subunități sunt asociate și combinate cu ARNm și alți componenți. În biosinteza proteinelor ribosomii se asociază (4-50 ribosomi) și formează **poliribosomi** sau **ergosomi**, permițând ca lanțul polipeptidic să crească în lungime.

Aparatul fotosintetic

Este format de un întreg de structuri membranare particulare care asigură conversia energiei luminoase în energie chimică. La bacterii aparatul fotosintetic este localizat în complexul membranei plasmactice la nivelul unor invaginări, vezicule și sisteme lamelare (fig. 1.11).

La bacteriile sulfuroase roșii (Thiorhodaceae) aparatul fotosintetic este format din diferite tipuri de structuri:

- vezicule membranoase simple situate la extremitățile celulei;
- membrane tubulare ce formează o rețea tridimensională;
- pachete sau fascicule de lamele.

La bacteriile sulfuroase roșii, *Athiorhodaceae* aparatul fotosintetic este format din:

- vezicule membranoare răspândite în citoplasmă;
- sisteme lamelare simple dispuse în pachete la periferia celulei;
- sisteme lamelare complexe dispuse în inele concentrice în jurul celulei.

La bacteriile verzi (*Chlorobium*) se găsește un sistem de vezicule mari fără legături cu membrana celulară.

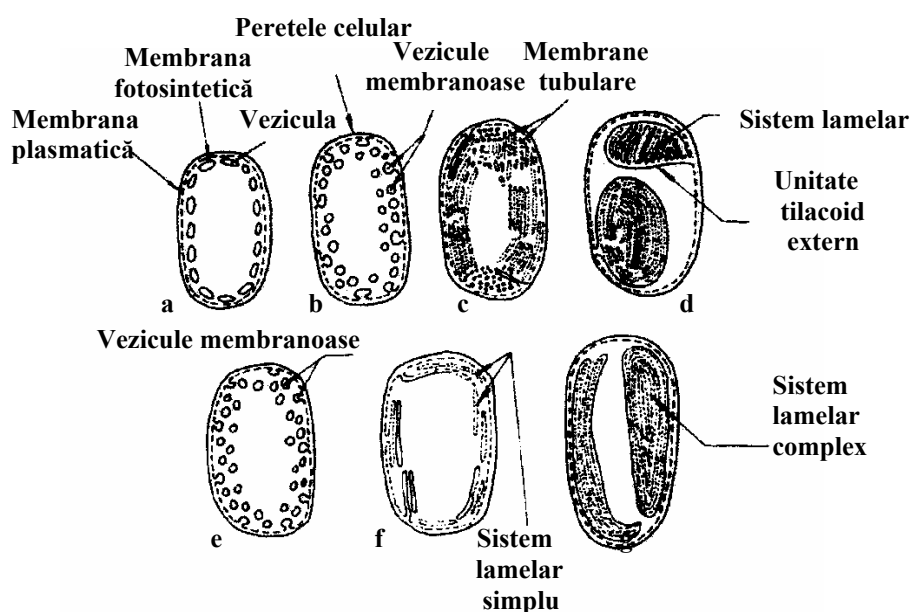


Fig. 1.11. Structura aparatului fotosintetic la bacterii:
a. *Chlorobacteriaceae*, b., c., d. – *Thiorhodaceae*, e., f., și g. – *Athiorhodaceae*
(după Zarnea, 1983)

Cianobacteriile au aparatul fotosintetic format după două tipuri:

- o structură similară cu a cloroplastului eucariotelor, fiind formată din saci membranoși turtiți (tilacoizi), separați de membrana celulară. Ficobiliproteinele care captează lumina formează un șirag de granule, numite **ficobilisomi** atașați pe suprafața membranei externe a tilacoizilor;
- la alte specii (*Gloeobacter violaceus*) aparatul fotosintetic se aseamănă cu cel al bacteriilor verzi – o membrană cu structură simplă, iar ficobilinele sunt localizate într-un strat continuu.

Vacuolele

Apar la început ca niște cavități mici, însă se măresc progresiv și sunt împinse spre poli. Vacuolele formează **tonoplastul**. Sunt delimitate de o membrană lipoproteică unistratificată.

Deosebim două tipuri de vacuole:

- **vacuole cu suc celular**, care conțin substanțe organice dizolvate și unele substanțe minerale;

- **vacuole cu gaz**, întâlnite la bacterii fotosintetizante mai ales la unele bacterii acvatice. Conțin probabil și azot rezultat din metabolism sau provenit din aer. Vacuolele cu gaz pot avea rol și în flotație.

Incluziunile

Sunt formațiuni inerte care apar în citoplasmă mai ales la sfârșitul perioadei de creștere activă a celulelor. După structura lor putem diferenția două tipuri:

- incluziuni înconjurate de membrane (carboxizomii și incluziunile de poli- β -hidroxibutirat);

- incluziuni neînconjurate de membrane (granule de cianoficine, incluziuni de polifosfat, incluziuni parasporale etc.).

Incluziunile sunt formațiuni cu importanță în activitatea metabolică a celulei bacteriene. Cele mai multe sunt substanțe de rezervă.

Rhapidosomii

Sunt particule ribonucleoproteice care apar sub formă de bastonașe situate intra- sau extracelular. Apar sub forma unor structuri tubulare submicroscopice, cu un canal central în care pătrunde substanța de contact electronopacă. Conțin proteine și ARN, cu o structură helicală, sunt lipsite de toxicitate și neinfecțioase pentru alte bacterii. Au fost comparați cu microtubulii de la eucariote.

Magnetosomii sunt incluziuni care conțin fier și sunt răspunzători de fenomenele de orientare și migrare sub influența câmpurilor magnetice slabe.

Constituenții extraparietali ai celulei bacteriene

Capsula și stratul mucos

În anumite condiții de mediu unele bacterii pot sintetiza, un material macromolecular gelatinos, vâscos care poate difuza în mediul înconjurător.

Putem deosebi diferite forme de structură:

- **Microcapsulă**, cu o grosime de 0,2 μm , în care substanța mucoidă alcătuiește un strat foarte fin în jurul celulei bacteriene;

- **Capsulă sau macrocapsulă**, cu grosimi mai mari de 0,2 μm , care se prezintă ca o formațiune distinctă și învelește fiecare celulă sau o pereche de celule;

- **Stratul mucos**, apare ca o masă amorfă, care se dispune în jurul celulei bacteriene;

- **Zooglea (masa zooglică)** leagă între ele, prin fibrile extracelulare, mai multe celule, formând colonii mucilaginoase.

Capsula nu este o componentă structurală constantă și esențială a celulei deoarece una și aceeași specie poate prezenta sau nu capsulă. La *Diplococcus pneumoniae* tulpinile capsulate sunt patogene deoarece nu sunt fagocitate, iar cele necapsulate sunt lipsite de patogenitate și fagocitabile.

Glicocalixul

Este format dintr-o masă de filamente polizaharidice atașate de lipopolizaharidele de pe suprafață. Poate căpăta aspectul unei pâsle situate la suprafața celulei. Servește la fixarea bacteriilor pe diferite substraturi.

Flagelii sau cili

Unele bacterii prezintă organite speciale cu ajutorul cărora pot să se deplaseze: cili sau flageli. Numărul și poziția lor variază.

În funcție de numărul de cili și de poziția lor putem deosebi diferite tipuri de bacterii:

- **monotriche**, cu un singur cil polar (*Vibrio cholerae*, *Pseudomonas spinosa*);

- **amfitriche**, cu câte un cil la fiecare pol (*Bacillus megaterium*);

- **lofotriche**, cu câte un smoc de cili la un pol sau la ambii (*Pseudomonas cyanogenes*);

- **peritriche**, cu cili pe toată suprafața celulei (*Proteus vulgaris*).

Flagelii sunt alcătuiți din 3 structuri principale (**G. Zarnea**, 1983):

- **corpul bazal**, care funcționează ca un motor rotativ al cărui ax de transmitere (bastonașul) este conectat cu **filamentul helical** printr-un cârlig, care servește ca articulație flexibilă;

- **cârligul** (articulația flexibilă) care face legătura între axul de transmitere al motorului și al filamentului flagelului;

- **filamentul helical** extracelular care asigură mișcarea (fig. 1.12).

Pilii și fimbrile

Sunt apendice filamentoase neflagelate, ajutând la transferul cromozomului bacterian în conjugare. Au rol și de receptori specifici de fagi. Servesc la realizarea fenomenului de conjugare prin realizarea punții de legătură dintre cele două celule.

Fimbrile sunt apendice filamentoase vizibile doar la microscopul electronic, dispuse pericelular, uni- sau bipolar, alcătuite din molecule de **fimbrilină**. Au origine intracelulară, ca și pilii, deoarece după îndepărtarea peretelui celular rămân legate de protoplaști și sferoplaști. Au rol în activitatea respiratorie și în creșterea suprafeței de absorbție a substanțelor nutritive.

Spinii sau **spiculele bacteriene** sunt apendice pericelulare, rigide, tubulare prezente la unele bacterii Gram negative. Sunt alcătuite dintr-un filament răsucit helical astfel că formează o structură tubulară. Sunt legați de suprafața membranei externe a peretelui celular.

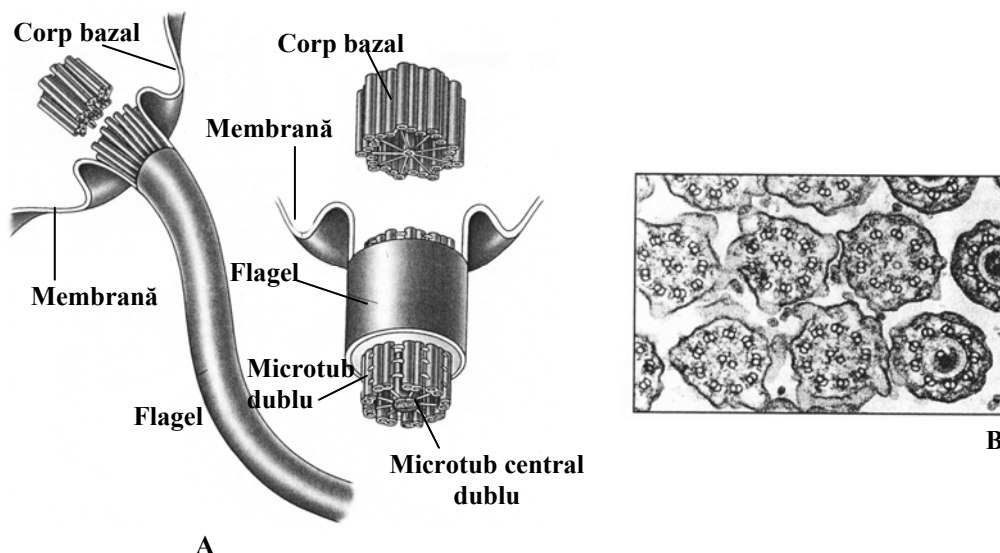


Fig. 1.12. Flagelii și cilii la eucariote: A – structura flagelului; B – secțiune prin cilii De la Protozoare (*Tetrahymena*)

Sporul bacterian

La unele bacterii forma vegetativă se poate transforma, în condiții neprielnice, într-un **spor**. Sporul este o formațiune intracelulară, metabolic inactivă, refringentă înzestrată cu calități de rezistență la temperaturi extreme, uscăciune, radiații, substanțe chimice etc.

La bacterii putem diferenția 4 tipuri de spori:

Endosporul sau sporul propriu-zis este o formațiune intracelulară refringentă și rezistentă la factorii de mediu. Celula bacteriană care formează un endospor se numește **sporangiu**.

Artrosporul este o formațiune intracelulară cu o rezistență mai mică decât a endosporului. Se formează în urma fragmentării celulei vegetative.

Chlamidosporul sau **microchistul** se formează prin îngroșarea peretelui celulei vegetative și acumularea substanțelor de rezervă. Celula este mai rezistentă, dar nu are caracteristicile unui spor adevărat.

Gonidia este o formațiune intracelulară sferică provenită din fragmentarea conținutului celular și condensarea lui. Se formează mai multe gonidii, iar prin ruperea peretelui celular (a gonidangiului) se eliberează în mediu.

Structura sporului

Este mai mult sau mai puțin asemănătoare la toate bacteriile și prezintă **tunicile sporale**, constituite din trei straturi diferite suprapuse (fig. 1.13): **exina** la exterior, **intina** la interior și un **strat mijlociu** care le separă. Reprezintă 20-30% din greutatea uscată și conțin 80% din proteinele sporale.

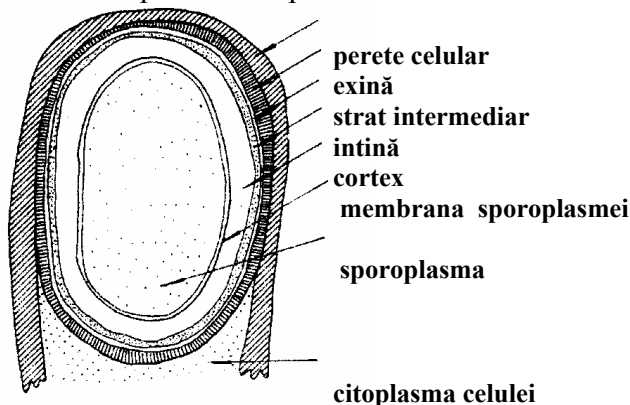


Fig. 1.13. Structura sporului bacterian (după C. Măzăreanu, 1999)

Sub învelișul sporal se găsesc:

- **cortexul** – situat sub tunica internă sporală, conține **acid dipicolinic** care dă termorezistență și reprezintă 10-20% din greutatea uscată;
- **membrana sporoplasmei**, care este membrană citoplasmatică a celulei;
- **sporoplasma**, care reprezintă 60-70% din greutatea uscată a sporului. Este citoplasma celulară cu conținutul său caracteristic (ribosomi, nucleoplasma). ADN-ul sporal reprezintă 35-54% din cantitatea existentă în celula vegetativă. Se găsește și ARN ribosomal, dar lipsește ARN mesager.

La unele bacterii la suprafața sporului se poate găsi și un strat extern mucos, numit **exospor** (exosporium) (fig. 1.14), cu o structură simplă sau complexă (format din mai multe straturi bine conturate).

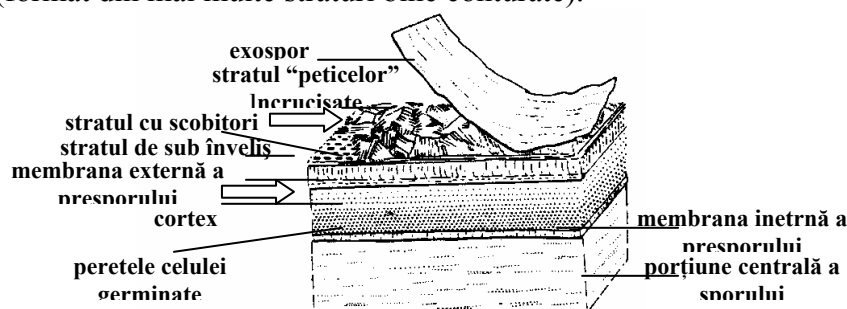


Fig. 1.14. Reprezentarea schematică a straturilor sporilor maturi de *Bacillus cereus*. Săgețile duble indică planurile de clivare cel mai des întâlnite după înghețare-fracturare (după Aronson și Fitz-James, 1976)

Sporogeneza

Transformarea celulei bacteriene în spori reprezintă sporogeneza. Putem deosebi 6-7 stadii (fig. 1.15).

Stadiul I (durata 0-1,5 ore): cei doi nucleoizi formați în urma unei diviziuni nucleare fără diviziunea celulei se contopesc;

Stadiul II (durata 1,5-2,5 ore) – filamentul de cromatină se separă formând doi cromozomi: unul migrează spre un pol, unde va fi închis printr-un sept pentru a **forma sporul**;

Stadiul III (durata 2,5-5 ore) – formarea **protoplastului sporal** care se acoperă cu o membrană dublă, rezultată din creșterea membranei celulare a sporangelului;

Stadiul IV (durata 4,5-6 ore) – are loc formarea peretelui celular peptidoglicanic, al viitoarei bacterii iar cortexul sporal devine refringent. Începe sinteza acidului dipicolinic;

Stadiul V (durata 6-7 ore) – formarea învelișurilor sporale prin depozitarea de proteine și cistină;

Stadiul VI (durata 7-8 ore) – are loc maturarea sporului, și asigurarea rezistenței acestuia;

Stadiul VII – corespunde eliberării sporului.

Germinarea sporului

Se realizează în trei faze: **activarea**, **inițierea germinării** și **creșterea postgerminală**.

Activarea nu este însoțită de modificări morfologice observabile. Ca agenți activatori intervin unii factori ai mediului.

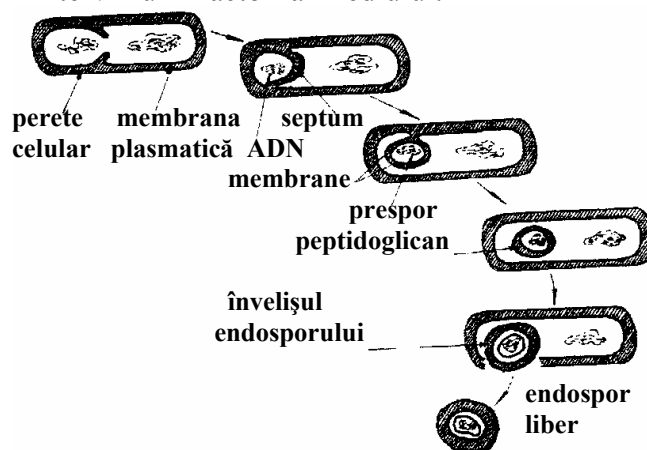


Fig. 1.15. Procesul de sporogeneză la bacterii
(după C. Măzăreanu, 1999)

Inițierea germinării se caracterizează prin apariția unor modificări morfologice:

- se mărește volumul cu circa 20%;
- se pierde refringența;
- cortexul și tunicile se tumefiază;

Creșterea postgerminală necesită prezența unor substanțe nutritive și obținerea proceselor de biosinteză. Se sfârșește în momentul în care celula vegetativă rezultată intră în prima diviziune.

Dezintegrarea structurilor sporale se face gradat și se desăvârșește în faza de creștere.

CLASIFICAREA BACTERIILOR

Subregnul **Monera** este împărțit în două subregnuri: **Arachaea** și **Eubacteria**

Subregnul ARCHAEA

Cuprinde bacterii ancestrale care trăiesc în medii extreme și care rezistă la condiții neprielnice. Prezintă acid muramic în structura peretelui celular și nu formează peptidoglicani. Au fost numite **Archaeobacteria**.

În diviziunea **Mendosicutes** sunt cuprinse două încregături: **Euarchaeota** și **Crenarchaeota**.

Încregătura EUARCHAEOTA

Aici sunt încadrate bacteriile metanogene și cele halofile. Se deosebesc între ele prin caracteristici structurale și funcționale, însă au la bază secvențe similare de ARNr.

Bacteriile metanogene populează lumea apelor de canalizare, se găsesc în unele sedimente marine, în tractusul digestiv al unor mamifere rumegătoare și în intestinul unor insecte xilofage. Cele mai multe specii produc gaz metan (gazul de baltă), de unde le vine și numele.

Methanobacterium ruminantium, trăiește ca endosimbiont în stomacul rumegătoarelor. *Metanobolus vulcani* populează craterele vulcanice abisale.

Bacteriile halofile trăiesc în ape cu concentrații foarte mari de săruri minerale – *Halobacterium salinarum*.

Natronobacterium pharaonis trăiește în ape alcaline extreme, „soda lakes”, la un pH de 9,5.

Încrengătura CRENORCHAEOTA (Termoacidophile)

Bacterii care trăiesc în apele sulfuroase din abisurile oceanice, în unele „hot springs”, în sursele geotermale, în unele gheizere fierbinți, în conurile vulcanice submarine încă active etc. *Sulpholobus* trăiește în apele fierbinți la 90° C și la un pH de 1 sau 2.

Thermoplasma conține un ADN îmbrăcat în proteine bazice asemănătoare proteinelor histonice de la eucariote. Speciile acestui gen sunt considerate ca fiind ancesori ai eucariotelor prin structura nucleocitoplasmei.

Pyrobolus trăiește în ape fierbinți la 113° C.

Subregnul EUBACTERIA

Aici sunt încadrate celelalte bacterii. În diviziunea **Gracilicutes** sunt cuprinse bacterii Gram-negative cu un perete celular complex structurat care conține peptidoglican și acid muramic.

Încrengătura PROTEOBACTERIA (Bacterii purpurii) grupează bacterii clasificate după ARNr 16S și după aspectul morfologic. Prezintă mai multe grupe de bacterii notate cu literele grecești α , β , γ și δ . Unele specii sunt deosebit de importante fiind întâlnite în apele cu o mare încărcătură organică, în intestinul unor animale și chiar la om: *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Enterobacter* etc.

Proteobacteriile sunt foarte heterogene. Unele bacterii coloniale oxidează fierul sau magneziul. *Gluconobacter* și *Acetobacter* oxidează etanolul la acid acetic, iar unele bacterii chemolitotoautotrofe reduc azotații compuși (*Nitrobacter*, *Nitrospira*, *Nitrococcus*) sau oxidează amoniacul la nitriți (*Nitrosomonas*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus*). *Thiobacillus* oxidează sulfurile, iar *Thiobacillus ferrooxidans* oxidează compușii feroși.

Încrengătura SPIROCHAETAE cuprinde bacterii răsucite în spirală: leptospire, spirochete și pillotine.

Unele specii de *Leptospira* trăiesc ca paraziți în tubii renali ai mamiferelor. *Treponema pallidum* este agentul patogen al sifilisului, iar *Borrelia recurrentes* provoacă febra recurentă la om și la animale.

Încrengătura CYANOBACTERIA

Cianobacteriile au o largă răspândire în ecosistemele terestre, umede și acvatice. Trăiesc la suprafața solurilor, a stâncilor, pe scoarța copacilor, pe construcțiile din piatră și din lemn deteriorând substratul pe care se fixează. Multe specii produc biodeteriorarea unor obiecte de patrimoniu. Se localizează pe diferite straturi expuse în aer liber, fie că sunt din lemn, piatră, marmură sau alte suporturi minerale.

Multă vreme au fost considerate alge și numite „alge albastre” sau „alge albastre-verzi”. Sunt unele dintre cele mai vechi organisme capabile de

fotosinteză. Se găsesc resturi fosile din straturile precambriene, mai vechi de două miliarde de ani.

Prezența clorofilei a, a ficocianinei, a ficoeritrinei, a carotenoizilor și a alloficocianinei a condus la plasarea lor în lumea algelor. Lipsa unui nucleu adevărat, a plastidelor și a reproducerii sexuate probează însă apartenența lor de lumea bacteriilor, deci a procariotelor.

Cyanobacteriile au celulele alungite, globulare sau turtite, care trăiesc izolat sau sunt grupate în colonii formate din filamente aciculare numite **trichome** (**trichociști**) (fig. 1.16).

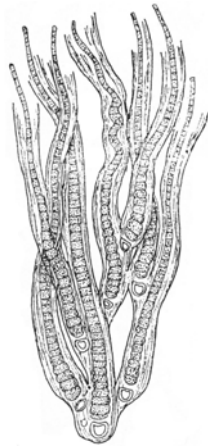


Fig. 1.16. Trichociști de la *Rivularia dura*

Celulele pot prezenta un perete de protecție de natură celulozică, impregnat la unele specii cu substanțe minerale.

Celulele pot fi învelite de o capsulă sau teacă gelatinoasă, care prezintă importanță nu numai în protecție, ci și în formarea coloniilor (fig. 1.17). Teaca gelatinoasă poate prezenta diferiți pigmenți precum: albastru, brun, roșu, violet, verde, galben-auriu etc. Celulele nu prezintă flageli, iar mișcarea poate fi asigurată prin oscilații frecvente, care produc un proces de alunecare.



Fig. 1.17. Bacterii capsulo-gelatinoase

Talul este primitiv (arhetal) și poate fi liber, flotant sau poate fi fixat pe un substrat. Protalul este format la ordinul *Pleurocapsales* din filamente telomice (care se dezvoltă dintr-o celulă inițială, apicală). Pot fi diferite tipuri de ramificații: **adevărate**, când o celulă se împarte printr-un perete paralel cu axul filamentului, ca la *Stigonema* și la *Haplosiphon*, **falsă**, când filamentul se împarte transversal, iar alungirea sa este mai rapidă decât a tecii; falsa ramificație se datorează unei diviziuni în trichomii fii, care nu se separă fiind ținuti împreună de teaca trichomilor – mamă. Ei perforează teaca și dau aparența de ramificații.

Protalurile pot conține celule speciale, **heterociști** (celule vegetative cu pereți diferențiați) (fig. 1.18).

Înmulțirea se realizează prin diviziune binară și prin fragmentarea filamentelor în unități mai mici numite **hormogoe**. Multe specii formează spori.

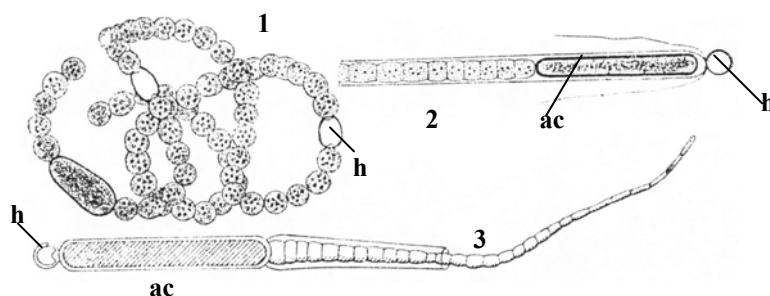


Fig. 1.18 Heterociștii: 1. *Anabaena circinalis*, 2. *Gloeotrichia natans*, 3. Partea bazală a unui Filament cu heterocist și o celulă alungită la *Gloeotrichia salina* ac=achinet, h=heterocist (după Fott, 1963)

Cele mai multe specii sunt acvatic, sunt însă și multe specii terestre, care trăiesc pe diferite tipuri de soluri, pe ziduri, pe stânci de calcar sau pe gresii. Pot fi specii epilitice sau endolitice. Dau naștere la asociații vegetale împreună cu unele alge, mușchi și licheni formând așa-numitele bioderme vegetale. Aceasta determină biodeteriorarea substratului ca urmare a secreției unor acizi (oxalic, aspartic, gluconic, citric etc.). Sporii pot fi unicelulari (coccospori) sau pluricelulari (hormospori).

După modul de formare deosebim: **endospori**, care se formează în interiorul celulei mamă; **exospori**, care se formează printr-o serie de diviziuni transversale ale celulei mamă și se elimină prin vârful acesteia; **heterociștii**, care sunt celule cu o membrană groasă, cu conținut omogen; **hormosporii (hormogoele)**, sunt fragmente de filamente pluricelulare fixate printr-o membrană comună, care se desprind de tot și formează o nouă colonie (fig. 1.19); **achineții**, care sunt formați dintr-o grupare de celule acoperite de o membrană groasă, pluristratificată, care asigură rezistență la condițiile nefavorabile.

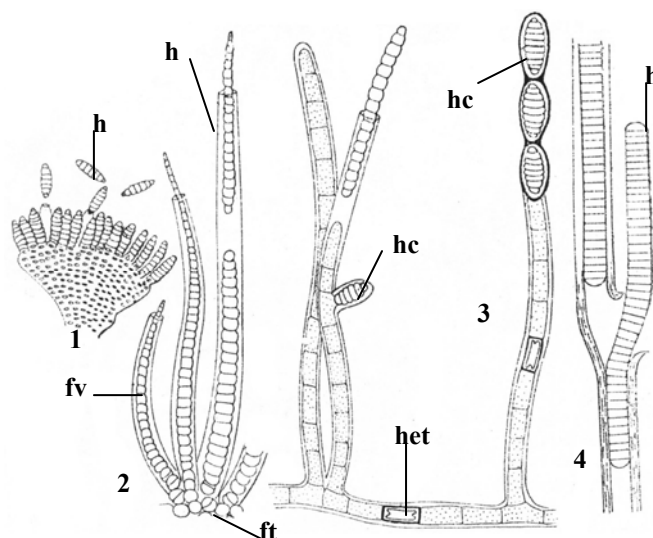


Fig. 1.19. Hormospori. 1. *Pulvinularia suecica*, 2. *Amphithrix violacea*, 3. *Westiella lanosa*, 4. *Lyngbya contorta*. ft=filamente târâtoare, fv=filamente verticale, h=hormogone, hc=hormociști, het=heterociști (din Chadeaud, 1960)

Ordinul Chroococcales

Cuprinde forme unicelulare sau coloniale, la care nu există deosebire între vârf și bază. Prezintă arhetal și coccospori. La unele specii încep slabe diferențieri cu pseudofilamente scurte, liniare sau tubuloase.

Familia Chroococcaceae

Talul este unicelular, format din celule sferice nediferențiate sau forme coloniale cu celulele, de asemenea, nediferențiate, fără o dispunere strict liniară a celulelor. Celulele sunt unite printr-o teacă gelatinoasă amorfă sau stratificată.

Gloeocapsa Kützing

Specii coloniale ce se pot dezvolta în masă. Coloniile sunt formate din 2-8 celule înconjurate de învelișuri gelatinoase suprapuse, incolore sau colorate în galben, brun, albastru sau roșu. Sunt specii de apă dulce, însă pot trăi și pe soluri umede sau uscate, pe ziduri sau pe alte suporturi. Pe ziduri formează mase gelatinoase de culoare verde-albăstrui.

Gloeocapsa ralfasiana, *G. chroococcoides* (fig. 1.20.B).

Chroococcus Nägeli

Specii formate din celule sferice, grupate în colonii de 4, 8, 16 celule, înconjurate de o membrană gelatinoasă incoloră sau gălbuie.

Sunt specii de apă dulce, dar trăiesc și în turbării, în ape termale și pe diferite tipuri de soluri sau pe roci umede.

Chroococcus turgidus (fig. 1.20.A)

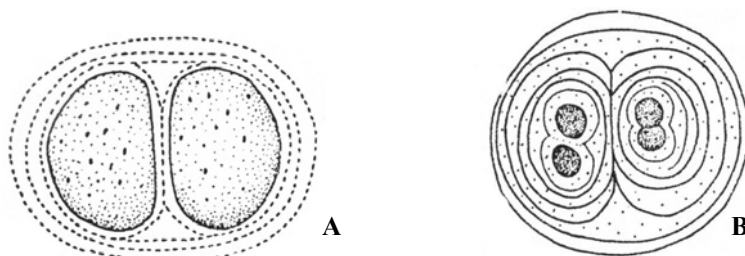


Fig. 1.20. A. *Chroococcus turgidus*; B. *Gloeocapsa ralfsiana*

Ordinul Pleurocapsales

Cuprinde cianobacterii coloniale, cu colonii libere sau fixate, cu taluri nefilamentoase sau filamentoase. Celulele sunt înconjurate de o membrană gelatinoasă. Înmulțirea se realizează prin endospori.

Familia Hyellaceae (Pleurocapsaceae)

Cuprinde alge filamentoase uni- sau pluriseriate, cu creștere apicală. Uneori formează o structură parenchimatoasă. Celulele tinere se transformă în sporociști ce vor forma endospori.

Pleurocapsa Thuret & Hauck

Specii endolitice, care formează cruste neregulate pe pietre. Baza filamentelor pătrunde în substrat (rizoizi endolitici) iar din aceștia se ridică filamente uni- sau pluriseriale.

Pleurocapsa rivularis, *Pleurocapsa gelatinosa*, *Pleurocapsa fuliginosa* (fig. 1.21)



Fig. 1.21. A. *Pleurocapsa fuliginosa*: partea superioară cu endospori și secțiune transversală
B. *Pleurocapsa gelatinosa* (*Cynodermatium gelatinosum*)

Ordinul Nostocales

Cuprinde specii la care trichomii au sau nu heterociști. În mod obișnuit teaca gelatinoasă lipsește. În situația în care există o teacă, aceasta cuprinde unul sau mai mulți trichomi. Când nu se formează heterociști se pot forma hormogone sau spori (hormospori).

Familia Nostocaceae

Trichomii sunt drepecți sau îndoiți, uneori spiralați, reuuiți în mănunchiuri plutitoare sau formând colonii gelatinoase. Teaca gelatinoasă este bine diferențiată, sau este greu vizibilă. Coloniile pot fi sferice, semisferice sau gelatinoase. Heterociștii sunt intercalari, mai rar terminali sau bazali.

Nostoc Vaucher

Prezintă specii acvatice de ape stagnante sau curgătoare, însă și specii tericole, edafice sau de nisipuri. Se fixează pe ziduri umede, pe garduri sau pe statui formând așa-numita „**verzeală a zidurilor**”. Trichomii formează colonii gelatinoase, de obicei macroscopice, mai rar microscopice.

Nostoc minutum (fig. 1.22), *Nostoc punctiforme* f. *populorum*, *Nostoc flagelliforme*.

Cylindrospermum Kützinger

Cuprinde specii acvatice și terestre. Se fixează pe soluri umede sau uscate, pe nisipuri. Trichomii sunt drepecți sau îndoiți, fără teacă gelatinoasă sau rar cu o teacă gelatinoasă. Adesea se formează pâsle cu margini neregulate. Sporii sunt terminali, în contact direct cu heterociștii (fig. 1.23. 1 și 2).

Cylindrospermum majus, *Cylondrospermum licheniforme*.

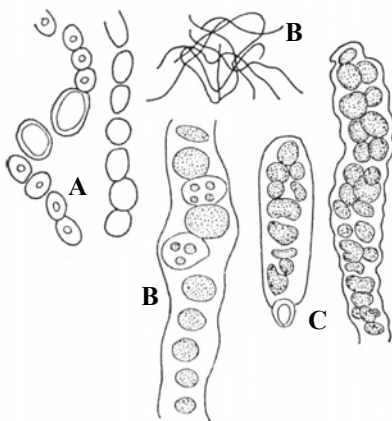


Fig. 1.22. A. *Nostoc minutum*, B. *Nostoc flagelliforme*, C. *Nostoc punctiforme* f. *populorum*

Familia Scytonemataceae

Specii cu filamente simetrice, cu pseudostratificații de două feluri: unilaterale și bilaterale. Trichomii sunt câte unul sau mai mulți într-o teacă gelatinoasă.

Scytonema Agardh

Un gen de specii acvatiche, dar și cu specii care trăiesc fixate pe malul pâraielor etc. Prezintă o pseudoramificație predominant dublă. Stratele tecii gelatinoase deseori cu aspect de pâlnie. Trichomii au celulele diferențiate la capete, care se lățesc sau aceeași grosime cu cele de la mijloc. Heterociștii sunt bazali sau intercalari.

Scytonema mirabile, *Scytonema ocellatum* (fig. 1.23, 3 și 4)

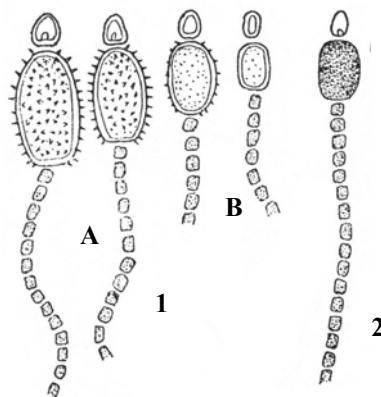
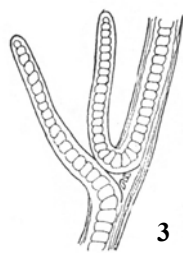
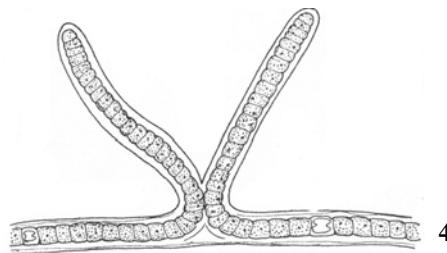


Fig. 1.23. 1. *Cylondrospermum majus*: A - spori echinulați; B - spor neted;
2. *Cylondrospermum licheniforme*



3. *Scytonema mirabile*



4. *Scytonema ocellatum*

Tolypothrix Kützing

Specii care pot trăi în ape dulci sau salmastre, stătătoare sau curgătoare, pe soluri umede, pe stânci, ziduri sau alte suporturi. Speciile tericole preferă suporturile calcaroase.

Filamente puternic ramificate, cu aspect de tufiș. Teaca gelatinoasă este puternică, omogenă sau stratificată. Prezintă o pseudostratificație simplă.

Straturile tecii gelatinoase nu au niciodată aspect de pâlnie, în mod obișnuit sunt paralele.

Tolypothrix tenuis (fig 1.23.5)

Plectonema Thuret

Specii care trăiesc în ape dulci, salmastre, marine, în ape stătătoare sau în izvoare și pâraie. Se fixează pe diferite suporturi (pietre, plante submerse, cochilii, copaci căzuți în ape), dar și pe soluri, pe diferiți suporti, în sere. Trichomii sunt simetrici, cu același aspect și de aceeași grosime pe toată lungimea. Creșterea este uniformă, intercalară. Pseudoramificația simplă sau dublă.

Plectonema gracillinium, *P. radiosum*, *P. notatum*



Fig. 1.23.5. *Tolypothrix tenuis*

Familia Rivulariaceae

Filamente și trichomi asimetrici. Baza lor este învelită de o teacă gelatinoasă este uneori ramificată. Ramuri false, de tip simpodial, cu câte un heterocist bazal. Trichomii sunt mai îngroșați la mijloc, unde există zona meristematică (intercalară) și subțiați la vârf și la bază.

Rivularia (Rath.)

Specii de ape dulci, salmastre sau marine, în special în apele bogate în calcar. Se fixează pe plante, pe valvele moluștelor, pe fundul lacurilor, uneori pe solurile umede. Unele specii din zonele calcaroase se impregnează puternic cu calcar contribuind la formarea tufurilor calcaroase. Sporii lipsesc întotdeauna.

Rivularia dura, *Rivularia bulbata*

Familia Oscillatoriaceae

Specii care prezintă filamentele neramificate sau pseudoramificate, uneori spiralate. Teaca gelatinoasă poate lipsi sau este prezentă și cuprinde 1, 2 sau mai mulți trichomi.

Oscillatoria Vaucher

Speciile trăiesc în ape, pe soluri, în medii poluate, sedimente etc. Trichomii sunt dreupți sau divers și neregulat îndoiți, foarte rar de forma unei spirale regulate, foarte laxă. Nu au teacă gelatinoasă.

Oscillatoria amphiba, *Oscillatoria tenuis* (fig. 1.24)

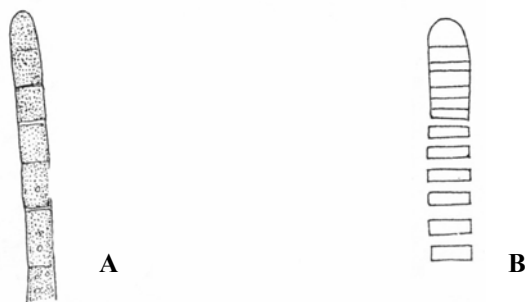


Fig. 1.24. A. *Oscillatoria amphiba*, B. *Oscillatoria tenuis*

Spirulina Turpin

Specii de apă dulce, rar se fixează pe soluri umede. Trichomii sunt solitari sau formează pelicule fără teacă gelatinoasă. Trichomii au posibilitatea de mișcare răsucindu-se în jurul axului longitudinal. Trichomii sunt scurți, răsuciți în spirale regulate cu mai mult de 1-2 ture; de obicei neștrangulați în dreptul pereților transversali ai celulelor, pereți ce pot fi mai greu sau mai ușor vizibili.

Spirulina gracilis, *Spirulina laxa*, *Spirulina albida*

Phormidium Kützing

Specii de ape dulci, salmastre sau marine. Unele specii se fixează pe zidurile umede, printre mușchi, pe stânci etc. Teaca gelatinoasă este puternică și rezistentă, deseori aproape fluidă și difuză.

Phormidium favosum, *Phormidium lividum*, *Phormidium orientale*

Lyngbya Agardh

În apele dulci, salmastre sau marine. Unele specii trăiesc pe soluri sau sunt epifite (fixate pe diferite alge). Filamentele libere sau reunite în mănunchiuri sau pâsle fără aspect de tufișuri, fiind unite într-o teacă gelatinoasă.

Lyngbya lutea, *Lyngbya limnetica*, *Lyngbya majuscula*, *Lyngbya muralis* (fig. 1.25).



Fig. 1.25. *Lyngbya (Symploca) muralis* (din Bourrelly și Fott, 1963)

Microcoleus Desmazières

Cuprinde specii terestre și acvatice. Populează în soluri umede, în special în soluri sărate sau poluate. Se fixează pe diferite suporturi.

Filamentele sunt solitare sau grupate. Teaca gelatinoasă este moale, mucilaginoasă.

Microcoleus paludosus

Dintre genurile de cianobacterii cu semnificație importantă în biodeteriorarea unor bunuri de patrimoniu menționăm genurile *Nostoc*, *Gloeocapsa*, *Anabaena*, *Lyngbya* etc. care sunt frecvent întâlnite pe diferite construcții, statui etc. Genul *Nostoc* prezintă numeroase specii acvatice, tericole, fixate pe sol, pe nisip, pe stânci și pe ziduri. Celulele sunt cuprinse într-o masă gelatinoasă. Între speciile mai comune menționăm: *Nostoc comune*, *N. minutum*, *N. punctiforme*, *N. populorum* etc. Se fixează pe zidurile cu igrasie, pe statuile construite din lemn, piatră, ghips, marmură etc. Zidul de la Biserica „Trei Ierarhi” din Iași, mai ales, în partea de nord este acoperit cu o biodermă vegetală grosieră. În această biodermă speciile de *Nostoc* sunt prezente. Bioderma vegetală formată este răspunzătoare, în mare parte, de degradarea calcarului de Albești folosit la această construcție. Statuile din Parcul Copou sunt, de asemenea, acoperite de specii de *Nostoc*.

Genul *Rivularia* prezintă specii de ape dulci, salmastre și marine, precum și unele specii care trăiesc pe stâncile calcaroase sau dolomitice umede. Intră în structura biodermei vegetale care se instalează pe zidurile cu igrasie, pe statui și pe diferite construcții din piatră sau lemn. *Rivularia dura* și *R. bullata* pot fi întâlnite adesea ca agenți biodeterioratori ai unor bunuri de patrimoniu.

Genul *Phormidium* cuprinde specii acvatice și terestre. Populează stâncile, zidurile umede, trunchiurile copacilor și construcțiile din lemn sau din piatră cu

multă umiditate. Trichomii (ramificații sub formă de spini ale talului) prezintă câte o teacă gelatinoasă. Ei se pot uni și forma pâsle gelatinoase sau de diferite consistențe și durități. Între speciile mai comune menționăm: *Phormidium favosum*, *Ph. papyraceum*, *Ph. interruptum* etc. Speciile de *Phormidium* pot provoca pagube unor obiecte de patrimoniu care sunt expuse în natură și sunt umede, precum și zidurilor afectate de igrasie.

Încregătura SAPROSPIRAE

Cuprinde bacterii Gram-negative sau aerobe, care se mișcă prin alunecare. Au o nutriție organochemoheterotrofă. **Saprospira** este aerobă și trăiește în medii bogate în substanțe organice, iar **Cytophaga** descompune agarul, celuloza și chitina. **Flexibacter** metabolizează zaharurile, iar *Herpetosiphon* descompune celuloza. Aceste bacterii au un rol important în realizarea circuitului bio-geo-chimic al unor substanțe organice.

Încregătura CHLOROFLEXA (Bacterii fototrofe nesulfuroase)

Cuprinde bacterii nesulfuroase, verzi și fototrofe, care au fost descoperite în 1900 în niște „hot spring” din abisurile oceanice. *Chloroflexus* este caracteristic pentru această încregătură. Conține bacterioclorofilă și pigmenți carotenoizi alfa și beta asemănători cu cei de la cianobacterii, alge și plante. Face fotosinteza folosind ca donori de hidrogen H_2S și H_2 .

Încregătura CHLOROBIA (bacterii verzi, sulfuroase, anoxigenice)

Cuprinde specii fotolithoautotrofe care își iau energia folosind lumina, CO_2 și donori de hidrogen precum H_2S , H_2 sau chiar H_2O . Depind de sursele de sulf.

Chlorobium este un gen tolerant la temperaturi extreme (ridicate sau scăzute) și la salinitate.

Diviziunea TENERICUTES

Cuprinde bacterii fără perete celular (care se numesc obișnuit *Mycoplasme*). Nu sintetizează peptidoglican. Talul prezintă filamente și vezicule legate între ele.

Încregătura APHRAGMABACTERIA (Mycoplasma)

Lipsind peretele celular membrana protejează celula. Aceasta nu poate sintetiza nici acid diaminopimelic, nici acid muramic. Este impermeabilă pentru apă și pentru unele substanțe. Speciile de *Mycoplasma* produce pneumonia la om și la animalele domestice.

Diviziunea FIRMICUTES

Cuprinde procariote Gram-pozitive, heterotrofe. Peretele este puternic și durabil

Încrengătura ENDOSPORA

Cuprinde bacterii Gram-pozitive, care formează endospori sau spori pe hife. Sunt heterotrofe sau chemosintetizante, aerobe, anaerobe sau facultativ anaerobe. Aici încadrăm unele genuri foarte cunoscute precum: *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* și altele. Sunt multe specii fermentative cu importanță economică.

Încrengătura PIRELLULAE

Grupează bacterii obligat parazite. *Pirelulla* și *Planctomyces* au un perete puternic, fără peptoglicani. *Chlamidia* este un parazit care își începe ciclul vital cu așa-numiții corpi elementari, care duc o viață latentă și care intrând în celula gazdei formează structuri reticulate din care apoi se formează noi corpi elementari.

Încrengătura ACTINOBACTERIA (*Actinomicetes*, *Actinomycota*)

Bacteriile au talul format dintr-o rețea de filamente numite micelii. Multe specii sunt saprofite în sol, altele sunt parazite la plante, la animale sau om. Specii ale genului *Streptomyces* au capacitatea de a sintetiza streptomycină și alți antibiotici.

Încrengătura DEINOCOCCI

Sunt bacterii Gram-pozitive înalt rezistente la radiații și la temperaturi extreme, heterotrofe și aerobe.

Deinococcus radiodurans rezistă la radiații foarte puternice.

Încrengătura THERMOTOGAE

Cuprinde bacterii care populează așa-numitele „**hot vents**”, la temperaturi de peste 90° C. Rezistența este oferită de unii acizi grași cu lanțuri foarte lungi.

BIODEGRADAREA BACTERIANĂ

Bacteriile au rol principal în degradarea substanțelor organice de orice natură. Ele asigură circuitul bio-geo-chimic din natură, fără de care viața n-ar fi posibilă.

Totuși, atunci când anumite bunuri de patrimoniu, de mare valoare culturală și/sau istorică cad pradă procesului de biodegradare și se pot produce pagube irecuperabile. De aceea se pune problema conservării bunurilor de patrimoniu, a protejării lor împotriva proceselor de biodegradare.

BIODEGRADAREA BACTERIANĂ A CELULOZEI

Structura celulozei

Celuloza reprezintă cea mai abundentă materie organică sintetizată în natură. Plantele ierboase conțin până la 15% celuloze, iar plantele lemnoase peste 50%. Se consideră că în natură se formează circa 4×10^{10} tone/an de celuloză.

În mod obișnuit celulele vegetale prezintă la periferia plasmalemei un perete solid de protecție de natură celulozică.

Dacă urmărim structura unui trunchi de lemn diferențiem la exterior scoarța, după care urmează floemiul și combiul. Partea lemnoasă are la exterior așa-numitul alburn, iar în interior duramenul. Se mai pot observa, în secțiune transversală, inelele de creștere, razele medulare etc. (fig. 1.26).

Într-o secțiune prin țesutul lemnos putem pune în evidență vasele conducătoare și dispoziția inelelor de creștere și a razelor medulare (fig. 1.27).

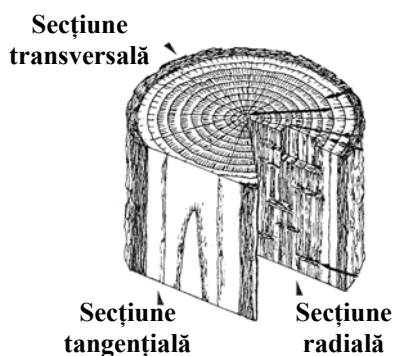


Fig. 1.26. Structura macroscopică a lemnului (după Caneva și col., 1997)

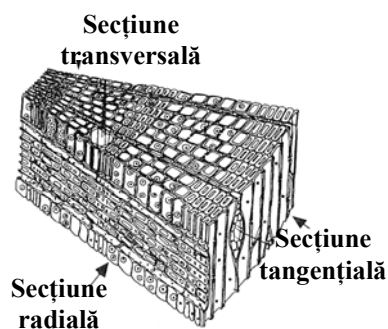


Fig. 1.27. Structura țesutului lemnos (după Caneva și col., 1997)

Peretele celular are o structură primară și una secundară. Se găsește la periferia plasmalemei și are o structură complexă. În structura peretelui celular deosebim următoarele:

- **o lamelă mijlocie** comună cu celelalte celule;
- **peretele primar** care apare ca o carcasă individuală subțire;
- **peretele secundar** care este format din trei sau patru straturi (fig. 1.28).

Microfibrilele de celuloză formează aranjamente particulare fiind inserate într-o urzeală extensivă.

Pereții secundari au, în mod obișnuit trei, trei straturi bine delimitate. Straturile S_1 și S_3 sunt subțiri, cu fibrilele dispuse pe aceeași direcție, iar stratul mijlociu, S_2 , mai gros cu fibrilele dispuse pe altă direcție. În unele structuri peretele poate avea mai multe straturi, cu o structură helicoidală.

Pereții sunt formați dintr-o succesiune de planuri de microfibrile paralele, a căror orientare diferă de la un strat la altul. În peretele secundar al celulelor izodiametrice, cum ar fi scleridele, se pot diferenția peste 100 de pături succesive de fibrile celulozice mai mult sau mai puțin asemănătoare ca structură dar cu orientare diferită. La traheide și la fibrele de sclerenchim stratul S_1 este format din 4-6 lamele cu orientare diferită. S_2 are grosimea cea mai mare, fiind format din 30-150 lamele, care au filamentele dispuse helicoidal. S_2 reprezintă circa 74-84% din structura peretelui, S_3 are o structură simplă și uneori poate lipsi.

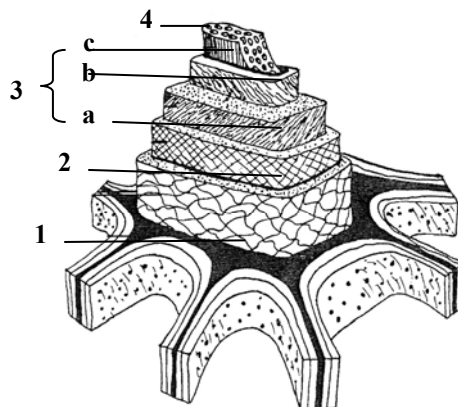


Fig. 1.28. Structura peretelui la celula vegetală: 1. lamelă mediană; 2 – perete primar; 3 – perete secundar: a. - stratul S_1 ; b. – stratul S_2 ; c. – stratul S_3 ; 4 – conținut celular și plasmalema (după Caneva și col., 1997)

Celuloza este un polimer linear alcătuit din unități repetate de celobioză. Celuloza naturală are circa 5,0 μm lungime.

Structura primară a celulozei este simplă deoarece la hidroliză eliberează un singur monomer – β -glucoza, unitatea de bază fiind celobioza. Modelul de

legătură covalentă C₁-C₄ lasă liberi hidroxilii purtați de ceilalți carboni ai glucozei (fig. 1.29).

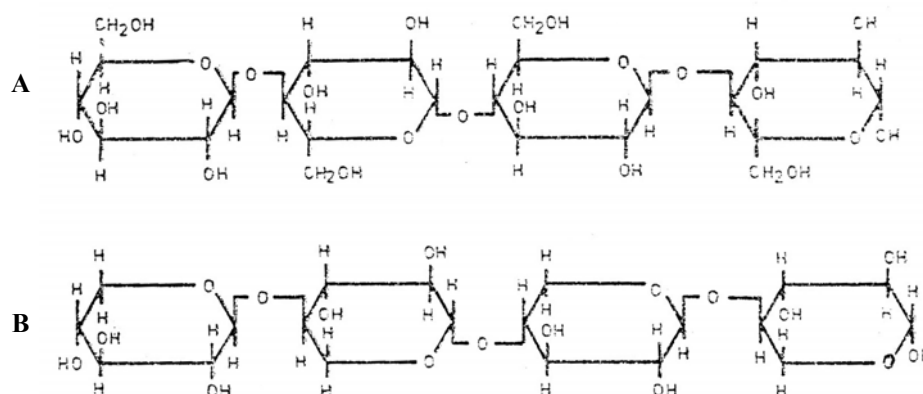


Fig. 1.29. Structura chimică a celulozei (A) și a hemicelulozei (B)

Structura cristalină a aranjamentului molecular explică faptul că celuloza este birefringentă în lumina polarizată și că defracționează razele x și electroni.

Se consideră că 100 de molecule individuale de celuloză sunt legate și formează o **protofibră** sau o fibrilă elementară.

Protofibrila are o lungime de 100 Å, lățimea de 40 Å și grosimea de 30 Å. Este formată din molecule de celuloză unite între ele prin punți de H. Deși punțile de H sunt destul de slabe, fiind multe dau consistență protofibrilei (fig. 1.30).

Prin unirea a 20 ± 5 protofibrile se formează o **microfibrilă**; prin asocierea a 250 de microfibrile se formează o **fibrilă**, iar prin unirea a 1500 de fibrile se asigură structura unei **fibre de celuloză**.

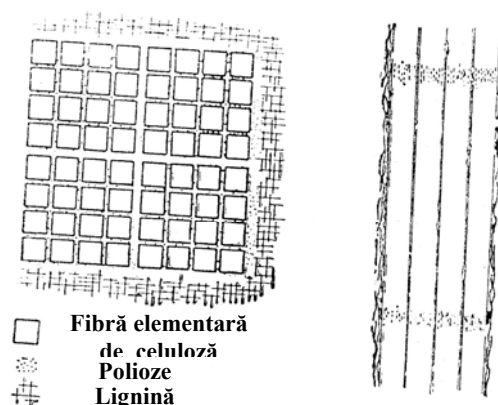


Fig. 1.30. Reprezentarea grafică a modului de organizare ultrastructurală a componentelor pereților celulelor lemnului (după Fengel, 1971)

Microfibrila are o structură particulară. După Cowling (1975) microfibrila ar avea dimensiuni cuprinse între 50 Å x 100 Å în secțiune transversală, o zonă centrală numită **core**, formată din fibre moleculare de celuloză dispuse ordonat și o teacă paracristalină de protecție (fig. 1.31).

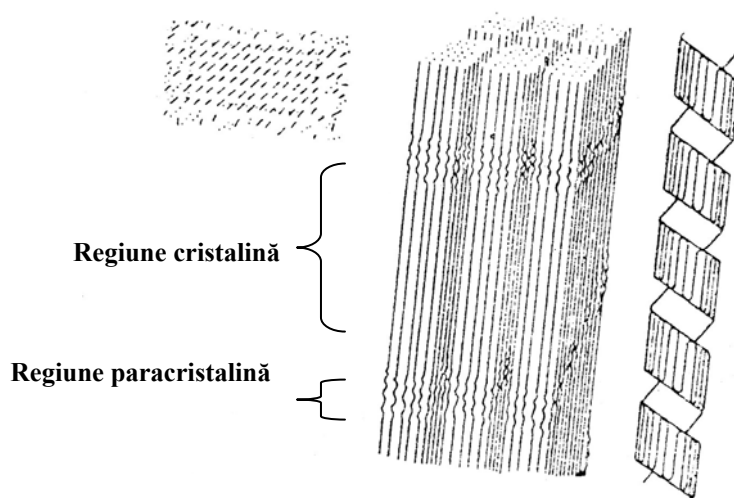


Fig. 1.31. Reprezentarea schematică a structurii microfibrilelor de celuloză (după Cowling, 1975)

Moleculele de celuloză sunt formate din porțiuni extinse, netede, de formă foarte ordonată, corespunzând regiunilor cristaline, care alternează cu zone mai puțin ordonate numite paracristaline (amorfă). Zona amorfă este cel mai ușor de atacat de agenții fizici și chimici. În unele structuri moleculare de celuloză formează o rețea de catene pliate dispuse sub formă de panglică răsucită în spirală (fig. 1.31).

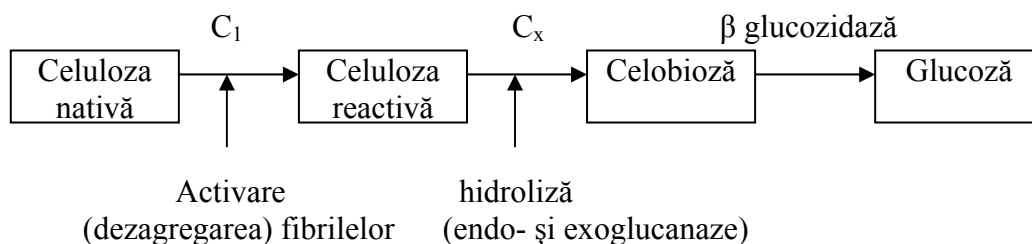
Degradarea celulozei de către microorganismele celulozolitice se realizează cu greu, datorită următorilor factori:

- structura ordonată și cristalină a celulozei, care îi conferă rezistență la degradare;
- prezența ligninei în structura fibrelor de celuloză, având rolul unei bariere fizice;
- numărul limitat al situsurilor de atac.

Rata degradării celulozei în condiții de laborator este de 0,026%/zi în culturile pure de microorganisme celulozolitice și de 0,066%/zi în culturile mixte. Se pare că organismele necelulozolitice au rol în depărtarea unor produși toxici rezultați în urma degradării.

Degradarea biologică a celulozei se produce în două trepte:

- **o treaptă nehidrolitică**, C_1 care constă în dezagregarea catenelor de celuloză;
- **o treaptă hidrolitică**, atunci când intervin enzimele hidrolitice C_x , exo-endoglucanazice, care determină hidroliza polimerului la unitățile sale de construcție.



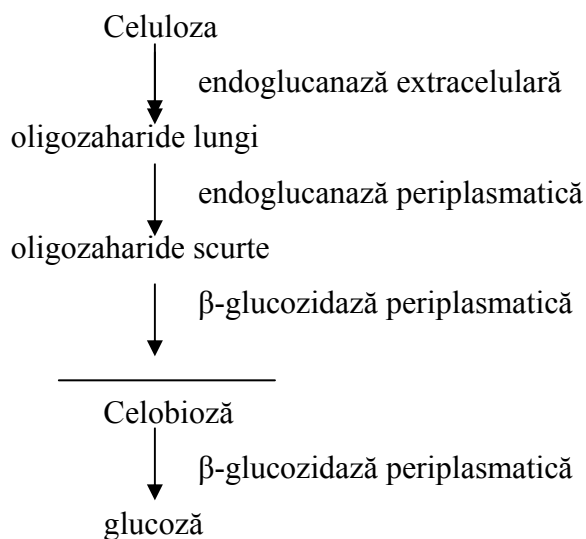
Peretele celulelor vegetale suferă degradări bacteriene fiind descompusă atât celuloza cât și lignina (fig. 1.32).



Fig. 1.32. Atacul bacteriilor asupra peretelui celular la conifere (după Giacchi)

Celulazele bacteriene.

Bacteriile produc unele endoglucanaze cu acțiune slabă asupra celulozei cristalizate. După **Ramasamy** și **Verachtert** (1980) endoglucanaza extracelulară descompune celuloza la catene oligozaharidice lungi. Aceste catene sunt introduse în spațiile periplasmatiche ce rup catenele lungi și le transformă în catene oligozaharidice scurte. Oligozaharidele scurte sunt degradate de β-glucozidaza periplasmatică la celobioză și de aici până la glucoză.



Bacterii celulozolitice

Clostridium cellulovorans, *C. cellulolyticum*, *C. thermocellum* – bacili Gram-pozitivi anaerobi sporulați, prezenți în intestinul animalelor și chiar și al omului;

Cellulomonas fini, *C. fermentans*, *C. uda*, bacterii Gram-variabile, mezofile, nesporulate;

Bacterii care trăiesc în rumenul ierbivorelor și determină digerarea celulozei din produsele vegetale: *Butyrivibrio fibrissolvens*, *Ruminococcus albus*, *R. flavefaciens*.

Sunt și alte specii de bacterii care produc celuloze: *Bacteroides cellulosolvens*, *Erwinia chrysanthemum*, *Streptomyces lividans*, *Acetivibrio cellulolyticus*.

BIODEGRADAREA LIGNINEI

După cum consideră **Crawford**, degradarea biologică a ligninei este una dintre componentele cele mai importante ale circuitului carbonului și oxigenului în biosferă.

Lignina este cel de al doilea produs organic din natură după celuloză. Se găsește atât în lamela mediană dintre celule, cât și în structura peretelui celular secundar. Împreună cu hemicelulozele formează o matrice în jurul fibrelor de celuloză. Lignina asigură rigiditate și rezistență la presiunile mecanice ale structurilor lemnoase. Este un polimer aromatic tridimensional, insolubil în apă,

alcătuit din fibre fenil-propan formate prin unirea a trei tipuri de alcooli: p – cumarilic, coniferilic și sinapilic.

Lignina gimnospermelor conține predominant structuri de tip coniferilic, iar cea a angiospermelor de tip sinapilic.

Bacteriile care degradează lignina pot acționa liber asupra ligninei din structurile vegetale, sau pot acționa în simbioză cu unele insecte xilofage.

Mai multe specii de bacterii aerobe degradează lignina: *Pseudomonas fluorescens*, *P. acidovorans* și diferite specii de *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Arthrobacter*.

Streptomyces viridosporus, *S. flavovirens* și *S. setonii* produc alterări oxidative asemănătoare celor produse de fungi.

Dintre fungii ligninolitici menționăm reprezentanți ai Basidiomycetelor, aparținând unui număr important de familii precum: Agaricaceae, Corticiaceae, Hydnaceae, Polyporaceae și Telephoraceae. Dintre Ascomycetes: *Ustilina vulgaris* și *Xylaria polymorpha*.

Phanerochaete chrysosporium (*Sporotrichum pulverulentum*) degradează lignina din peretele celular lemnos. Atacul este asemănător cu al putregaiului brun, însă este continuat până la degradarea componentelor majore ale lemnului. Sunt degradate atât lignina cât și polizaharidele (celuloza s.a.).

Activitate ligninazică prezintă și speciile: *Coriolus versicolor*, *Poria subacida*, *Polyporus abietinus*, *Pleurotus ostreatus* etc.

Nilsson și **Daniel** (1985) au probat că bacteriile degradează lemnul producând diferite tipuri de leziuni, distrugând lamelele mijlocii dintre celule și fibrele de celuloză.

Unele bacterii, numite „**erosion bacteria**” degradează lemnul pornind din lumenul celulelor, iar altele „**tunneling and cavitation bacteria**” pătrund în peretele celular și formează tunele (galerii).

Dintre fungii care degradează lignina menționăm Agaricaceae, Corticiaceae, familiile: Hydnaceae, Polyporaceae, Telephoraceae din Basidiomycetes și unele genuri dintre Ascomycetes, precum *Sphaeriales*, *Ustelina*, *Xylaria* etc.

BIODEGRADAREA BACTERIANĂ A HEMICELULOZELOR

Hemicelulozele reprezintă polizaharide vegetale necelulozice. Se găsesc localizate în peretele secundar al celulelor vegetale, alături de celuloză și lignină. Împreună cu pectinele asigură cimentarea microfibrilelor de celuloză. Hemicelulozele pot apărea la 5-25% din greutatea uscată a plantei.

Sunt polizaharide care, prin tratarea cu acizi minerali eliberează, la cald, pentoze, hexoze și acizi uronici. Formează polimeri lineari constituiți dintr-o singură peptoză (pentozani) sau hexoză (hexozani). Pentozanii pot fi xilani sau arabani, iar hexozanii pot fi manani sau galactani. Hemicelulozele care conțin acizi uronici se numesc **poliuronidice**, iar cele care nu au acești acizi se numesc **celulozani**. Cel mai important celulozan este **xilanul**.

Arabani se găsesc la plantele superioare asociați cu substanțele pectice din peretele celular primar.

Mananii se pot asocia cu glucoza formând glucomanani sau cu galactoză, dând galactomanani.

Galactanii formează arabinogalactani sau galactomanani intrând în structura țesuturilor vegetale.

Degradarea enzimatică a hemicelulozelor se desfășoară în două etape:

1. Descompunerea moleculelor mari polizaharidice, la moleculele mai mici, oligozaharide (xiloză, xilobioză, xilotrioză în cazul xilanului);

2. Descompunerea oligozaharidelor și folosirea lor ca sursă de carbon și de energie.

Hemicelulozele sunt de două tipuri: **xilanazele**, care sunt enzime cu activități de tip endo- deoarece secondează legăturile $\beta - 1,4$ din interiorul catenei polizaharidice, iar altele sunt de tip exo- deoarece atacă polimerul la nivelul extremităților libere eliberând monomeri sau dimeri. Dintre bacteriile care degradează hemicelulozele menționăm speciile de: *Achromobacter*, *Bacillus*, *Cytophaga*, *Pseudomonas*, *Sporocytophaga*, *Streptomyces* etc. Degradarea hemicelulozelor are loc, în faza inițială, deosebit de rapid, după care se desfășoară mai lent.

BIODEGRADAREA VOPSELELOR

Biodegradarea vopselelor poate avea loc chiar în ambalajele în care se găsesc, sau în situația în care sunt în peliculă pe un suport. În cazul în care se găsesc în ambalaje pot avea loc decolorări, produceri de gaze în urma unor procese de fermentație și modificarea unor proprietăți fizice sau chimice, cu efecte negative asupra folosirii lor.

Vopselele care se găsesc în peliculă pe diferite suporturi (lemn, pânză, frescă etc.) pot suferi diferite alterări care conduc la apariția unor fisuri, desprinderea de pe substrat prin formarea unor vezicule sau are loc virarea culorii.

Dintre bacteriile care determină deteriorarea vopselelor menționăm: *Alcaligenes* sp., *Bacillus cereus*, *B. mycoides*, *Flavobacterium invizibile*, *Micrococcus albus*, *M. candidus*, *Sarcina flava* etc.

Dintre fungii care provoacă biodeteriorarea vopselelor menționăm genurile: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Cephalosporium*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Pullularia*, *Phoma*, *Paecilomyces* etc.

Efectul biodegradării se manifestă chiar și asupra culorilor de apă sub acțiunea speciei *Pseudomonas aeruginosa*.

Biodegradarea vopselelor este gravă atunci când sunt atacate picturile unor mari maștri.

BIODEGRADAREA MICROBIANĂ A STICLEI

Multă vreme s-a crezut că sticla este degradată exclusiv de factori fizici și chimici. Cercetările moderne au probat că are loc și o biodegradare a sticlei. Vitralii vechi de sute de ani prezintă numeroase găuri și rugozități care sunt efectul atacului unor bacterii. Date experimentale aduc dovezi că diferite specii de bacterii formează colonii pe suprafața obiectelor de sticlă și determină degradarea substratului provocând găuri mai mici, sau mai mari, în funcție de mărimea coloniei și de timpul în care acționează. Fixarea microorganismelor trebuie să fie asociată cu impuritățile care se fixează pe sticlă și nu sunt șterse. În procesul de metabolism se produc diferiți acizi care determină descompunerea substratului de sticlă.

Alături de diferite specii de bacterii biodegradarea sticlei poate fi determinată și de unele ciuperci din genurile: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Pullularia*, *Monilia* etc.

MICROORGANISMELE CHITINOLITICE

Chitina este un polimer care se aseamănă în ceea ce privește structura cu celuloza, însă se deosebește prin prezența azotului în compoziția sa. Este un polimer de N – acetil glucozamină. Unitățile de N – glucozamină sunt dispuse linear.

Chitina se găsește, în primul rând, în scheletul artropodelor, dar și în peretele celular al fungilor, în unele alge și în corpul unor nematode, anelide și moluște (gastropode, cefalopode).

Bacteriile chitinolitice terestre se găsesc în special în sol: *Streptomyces fradiae*, *S. griseolus*, *Nocardia*, *Micromonospora*, *Bacillus chitinobacter*, *B. chitinovor*, *B. chitinophagum*.

Bacteriile chitinolitice acționează în funcție de condițiile locale. Cele mai răspândite și mai active sunt actinomicetele: *Streptomyces fradiae*, *S. exfoliatus*,

Nocardia, *Micromonospora*. Aceștia li se adaugă și *Bacillus chitinobacter*, *B. chitinovor*, *Bacterium chitinophagum* etc.

Fungii chitinolitici mai importanți aparțin genurilor *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Fusarium*, *trichoserna* etc.

ALTERAREA MICROBIANĂ A ROCILOR

Urarea „tare ca piatra” pare să nu aibă o încărcătură prea optimistă atunci când se pune problema alterării microbiene a rocilor. Dacă termita poate pune la pământ o construcție de lemn impozantă fără măcar să le simțim prezența, casele de piatră par a dura o veșnicie. Până nu de mult s-a considerat că degradarea rocilor și a zidurilor se datorează doar factorilor abiotici, fizico-chimici. Se consideră că alterarea rocilor este un proces chimic dependent de natura substratului, de porozitatea lui, de accesibilitatea apelor subterane, de pH, de microclimat etc.

Rocile sunt supuse la două procese de degradare evidente:

- **eroziunea**, adică fragmentarea rocilor în bucăți mici și particule minerale;
- **coroziunea**, adică dizolvarea mineralelor și dispersarea lor sub formă de soluție și de corpusculi în suspensie.

Este adevărat că aceste procese se produc și în condiții de sterilitate, în schimb în prezența microorganismelor ritmul degradării rocilor se realizează mult mai rapid.

Microorganismele (bacterii, alge și fungi) acționează atât la suprafața rocilor, cât și în profunzimea lor.

Hueck (1968) considera că microbiota poate avea acțiune degradativă asupra rocilor atunci când acționează în număr mare, și când se corelează cu factorii de mediu.

Se presupunea că pentru degradarea biologică a rocilor este necesar ca mai întâi pe suprafața rocilor să se instaleze microorganisme autotrofe, care să asigure un suport organic pentru instalarea și acțiunea celor heterotrofe.

Se pare însă că această condiție nu este obligatorie. Este suficient ca doar unele substanțe organice moarte particulare sau în soluție să ajungă pe suprafața rocilor pentru a înlesni fixarea și acțiunea unor microorganisme heterotrofe.

Microorganismele heterotrofe se pot instala în diferite fisuri ale rocilor sau chiar pe suprafața netedă atunci când, unele substanțe organice sunt aduse de ape de precipitație, de praf, de rădăcinile plantelor etc. Numai microfungii găsesc medii prielnice dezvoltării în astfel de microhabitate.

Sporii unor fungi precum *Trichoderma*, *Sporotrichum*, *Penicillium*, *Cephalosporium*, *Botrytis*, *Mucor*, *Monilia* etc. Au fost găsiți pe suprafața rocilor, unde existând un aport chiar redus de substanțe organice încep să germineze, să se dezvolte și să se înmulțească. Odată instalate microorganismele își creează un mediu prielnic pentru popularea spațiilor cucerite. Prin proliferare microbiota se comportă asemenea unor agenți biochimici prin mecanisme diferite:

- secreția de acizi care atacă elementele minerale din roci (Fe, Mg, Al, K), care vor fi folosite în diferite procese metabolice;
- prin îmbogățirea mediului cu acizi organici care conțin grupări carboxil (-COOH), hidroxil (OH) sau amino (NH₂) care provin din diferite procese metabolice;
- prin apariția unor compuși de tipul Al₂O₃, FeO, SiO₂, Fe₂O₃, K₂O, Na₂O, CaO, MgO care facilitează instalarea unor organisme, care prin procese de descompunere (în urma morții) vor conduce la instalarea unor alge, ciuperci, briofite, licheni și formarea unei bioderme vegetale cu acțiune biodeteriorativă ridicată.

Microbiota are efecte degradative mult mai accentuate decât factorii fizico-chimici. *Thiobacillus* oxidează fierul fieros (Fe²⁺) la fier feric (Fe³⁺) mult mai rapid. În 3 zile oxidează 200 ppm, în timp ce aceeași cantitate se oxidează sub acțiunea factorilor fizico-chimici în 2 ani.

Degradarea provocată de microorganisme nici nu necesită măcar contactul direct cu roca. Produse de secreție pot fi eliminate în mediu și ajung pe diferite căi la roci.

Silverman și Munoz (1970) probează că microfungii pot provoca procese de alterare a rocilor precum: granitul, bazaltul, andezitul, gradiolitul, solubilizând până la 31% Si, 11% Al, 64% Fe, 59% Mg. Solubilizarea poate fi realizată de acidul oxalic și acidul 2 – cetogluconic.

Rocile bazate pe silicați conțin o mare cantitate de fosfați puțin solubili, inaccesibili plantelor, care sub acțiunea microbiotei sunt eliberați și pot fi folosiți de acestea.

Degradarea microbială a rocilor calcareoase și a gresiei se realizează prin intervenția cianobacteriilor, a unor alge roșii și alge verzi (Gomontia). Microfungii în asociație cu unele alge și bacterii accelerează procesul de biodegradare a rocilor. Fungii singuri sau în asociere cu o serie de alge endolitice acționează activ și degradează rocile, în special pe cele cu ciment carbonat datorită capacității lor de a sintetiza și elimina acizii organici. Astfel pătrund cu ușurință printre fisuri înaintând și determinând biodegradarea activă a rocilor sedimentare. Asocierea cu bacteriile și cu algele care preferă astfel de medii ridică eficiența acestor microorganisme. În astfel de medii au fost puse în evidență multiple forme de acizi precum acizii citric, butiric, acetic, propionic, gluconic, 2

– cetogluconic, uronici, poliuronici, formic, la care putem adăuga diferiți acizi lichenici când aceștia intră în diferite asociații și chiar acizi humici.

Microorganismele chimiolitotrofe acționează și asupra rocilor din construcții. La fundația unor clădiri, ziduri și diferitelor tipuri de construcții piatra se dezagregă și devine pulverulentă ca urmare a acțiunii bacteriilor din specia *Sporovibrio desulfuricans*, care reduce sulfații din zid și din sol. Specii ale genului *Desulfovibrio* provoacă alterarea rocilor din construcții prin solubilizarea metalelor în condiții de anaerobioză.

Specii ale genurilor *Nitrosomonas* și *Nitrobacter* provoacă alterarea rocilor prin intermediul nitraților de Na, K, Ca, Mg etc. în condiții de umiditate. *Thiobacillus peroxidans* atacă rocile calcaroase producând SO_4^{2-} , ceea ce are ca efect transformarea carbonatului de calciu în sulfat de calciu (gips).

Este cunoscut faptul că oxidarea Fe^{2+} și a S^0 se poate realiza fără intervenția bacteriilor, însă procesul se realizează deosebit de încet, în timp ce *Thiobacillus ferrooxidans* accelerează reacția de 200.000 până la 500.000 de ori. Acest bacil are un rol foarte important în procesul de biosolubilizare fiind folosit în practică în unele mine.

Thiobacillus ferrooxidans împreună cu alte specii de bacterii chimiolitotrofe precum *T. thiooxidans*, *T. oyanoporus*, *Leptosirillum ferrooxidans* degradează pirita (FeS_2) și calcopirita (CuFeS_2).

În izvoarele termale și în hornurile abisale *Sulfolobus acidocaldarius* și *S. brierleyi* degradează sulful nativ și alți compuși ai sulfului.

Pare incredibil și greu de acceptat că bacteriile se pot lega de regiunile unui anumit minereu și că pot intra în interacțiune. Nu este vorba doar de o interacțiune, ci de un substrat pe care bacteriile îl introduc în mediul lor de viață. Fenomenele de eroziune a cristalelor de sulf (S^0) în vecinătatea zonelor de legare a bacteriilor probează acțiunea lor asupra rețelei cristaline.

Biodegradarea rocilor, a metalelor și a oricăror substraturi se realizează sub acțiunea microorganismelor, a algelor, a ciupercilor, a lichenilor și chiar a unor plante superioare. Trebuie însă să înțelegem că fixarea organismelor și realizarea interrelațiilor dintre ele și dintre ele și substrat se petrece după un anumit algoritm.

Roca sau substratul anorganic sau organic care este supus biodegradării nu poate fi în nici un moment „**germ free**”. Nu se poate deoarece în atmosferă, în apă, pretutindeni se găsesc bacterii, sporii de ciuperci, alge, mușchi etc. Substratul are capacitatea de fixare a prafului și a microorganismelor chiar și atunci când este foarte uscat. Umiditatea favorizează nu numai fixarea unor microorganisme, spori etc., dar ieșirea lor din starea de anabioză (închistare, diapauză). Se realizează la început o structură care este numită biofilm (peliculă biologică, film biologic). Bacteriile au diferite structuri care permit adeziunea lor pe un anumit

substrat. Sintetizează diferite tipuri de polizaharide care sunt exudate și care, având o mare capacitate de adeziune permit realizarea filmului biologic. Astfel substratul solid se acoperă cu o peliculă activă chiar și în situația în care substratul nu are fisuri, fiind perfect neted. Celulele bacteriilor chemolitotrofe încep procesul de biosolubilizare a substratului (roci, metale, sticlă etc.). Filmul biologic poate fi format de bacterii chemolitotrofe, însă poate fi format și de către alge, sau de asocieri între bacterii, alge și fungi. Realizarea filmului biologic reprezintă, poate, etapa cea mai importantă a algoritmului care determină procesul de biodeteriorare.

Biofilmul format de unele bacterii heterotrofe poate fi foarte variat și depinde foarte mult de natura substratului.

CIRCULAȚIA AZOTULUI ÎN NATURĂ

Mineralizarea azotului organic din sol se datorează bacteriilor.

Bacteriile nitrificatoare pot fi primii colonizatori ai suprafețelor sănătoase și curate. O dată fixate, avantajate fiind și de o oarecare umiditate, încep procesul de descompunere. Bacteriile care oxidează NH_3 (nitrit bacteriile sau nitrosobacteriile) cum ar fi *Nitrosomonas europaea*, *Nitrosococcus nitrosus*, *N. mobilis*, *Nitrospira briensis*, *Nitrosolobus multiformis*, *Nitrosovibrio tenuis* au o activitate deosebit de intensă.

Bacteriile care oxidează nitriții (nitrat bacteriile) sunt reprezentate de *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira*. Nitrat bacteriile sau bacteriile nitrificatoare se găsesc pretutindeni, în apă, în sol, în sistemul de epurare a apelor, în depozitele de compost etc. Bacteriile nitrificatoare au nevoie de oxigen.

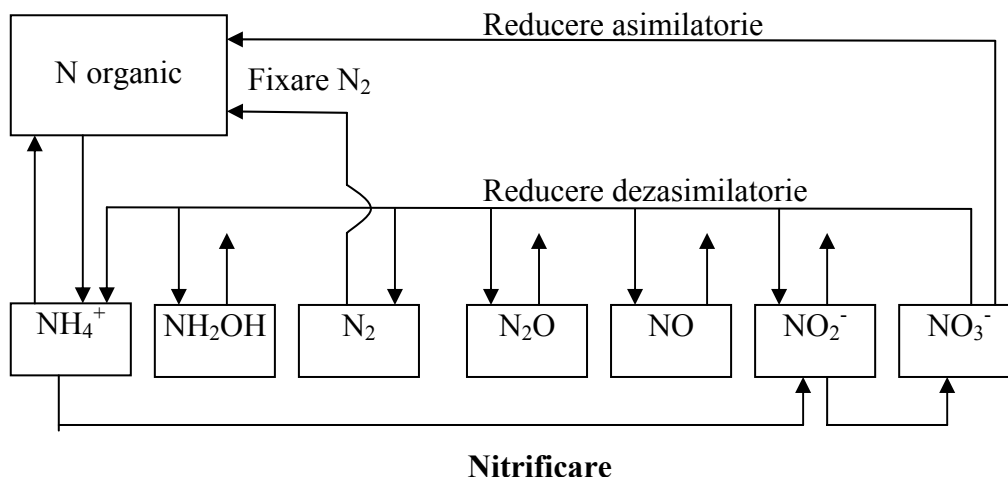
Capacitatea bacteriilor nitrificatoare de a forma cantități mari de nitrați în anumite condiții este cunoscută de multă vreme. Se consideră că unele zăcămintele de salpetru de India (NO_3K), sau de salpetru de Chile (NaNO_3) sunt realizate de bacterii.

Nitrații se formează și pe pereții beciurilor, grajdurilor locuite de animale și chiar în unele clădiri.

Denitrificarea este un proces biologic efectuat în exclusivitate de bacterii. Constă în reducerea dezasimilatorie a oxizilor (oxidul nitric NO și oxidul nitros N_2O) și ai nitratului NO_3^- , și nitritului NO_2^- .

Principalele bacterii denitrificatoare sunt: *Alcaligenes faecalis*, *A. denitrificans*, *A. eutrophus*, *Bacillus azotoformans*, *Chromobacterium violaceum*, *C. lividum*, *Neisseria sicca*, *Paracoccus denitrificans*, *P. pentosaceum*, *Presudomonas aerogenes*, *Thiobacillus denitrificans*. Aceste bacterii se găsesc pretutindeni.

Bacteriile au principalul rol în circulația azotului în natură. Ele folosesc azotul în toate formele existente. Unele au capacitatea de a asimila azotul atmosferic (N_2), altele, formele oxidate (NO , N_2O) sau formele lor reduse.



ROLUL BACTERIILOR ÎN REALIZAREA CIRCUITULUI SUBSTANTELOR ÎN NATURĂ

Un rol important au bacteriile și în circulația fierului în natură. Bacteriile care oxidează fierul feros (Fe^{2+}) la fier feric (Fe^{3+}) asigurând precipitarea ca hidroxid feric aparțin genurilor: *Sphaerotilus*, *Toxothrix*, *Leptothrix*, *Hyphomicrobium*, *Pedomicrobium*, *Siderocapsa*, *Metallogemium*, *Ochrobium* etc.

Cel mai mult Fe din biosferă este prezent sub forma oxidată (ferică). Reducerea lui în mediile naturale este efectuată de bacteriile heterotrofe din genurile: *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Proteus* și de către unii microfungi.

Bacteriile heterotrofe au capacitatea de a coloniza cu ușurință multe substraturi. În acest fel putem înțelege de ce bunurile de patrimoniu sunt supuse permanent pericolului de deteriorare. Alături de bacterii se fixează și diferite specii de ciuperci sau chiar de alge.

Este cunoscut frecventul atac al bacteriilor heterotrofe asupra picturilor (icoane, picturi murale, fresce). Bacterii Gram pozitive aparținând genurilor: *Bacillus*, *Brevibacillus*, *Micrococcus*, *Clostridium*, *Frankia*, *Geodermatophilus*, *Blastococcus*, *Staphylococcus*, *Streptomyces*, sau Gram negative precum *Pseudomonas*, *Acinetobacter* atacă frecvent diferite obiecte de patrimoniu. Au fost puse în evidență și unele specii de *Archaeobacteria* aparținând genurilor *Halomonas* și *Halococcus*.

Natura substratului este esențială în fixarea și activitatea microorganismelor. Se formează ecosisteme caracteristice. Aplicând principiile ecologice putem vorbi de **bioskene** în care funcționează perfect astfel de ecosisteme bazate pe diferite specii de microorganisme. Dacă o placă dentară pe care se fixează diferite specii de bacterii autohtone reprezintă o bioskenă, tot așa, o icoană, un obiect oarecare dintre bunurile de patrimoniu reprezintă o bioskenă cu o semnificație biodeteriorativă importantă.

Putem diferenția astfel diferite tipuri de bioskene formate din bacterii:

Pe substraturi bogate în celuloză se pot fixa: *Cytophaga*, *Cellulomonas*, *Cellvibrio*, *Sporocytophaga*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*;

Pe substraturi bogate în substanțe proteice se fixează bacterii chemoproteolitice: *Bacillus*, *Bacteroides*, *Sarcina*, *Nocardia*, *Streptomyces*;

Substraturile bogate în sulf atrag numeroase specii de sulfobacterii: *Desulfovibrio*, *Thiobacillus*, *Beggiatoa*;

Pe substraturile bogate în substanțe minerale se pot fixa o serie de organisme foto-autotrofe (cianobacterii și alge): *Chroococcus*, *Gloeocapsa*, *Lyngbya*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Scytonema*, *Chlorella*, *Pleurococcus*, *Chlorococcum*, *Scenedesmus*, *Cladophora* etc. (fig. 1.33).



Fig. 1.33. Bioskenă formată pe sculptură fisurată

Bacteriile feroxidante formează bioskene pe substraturile bogate în fier: *Crenathrix*, *Gallionella*, *Leptothrix*, *Siderocapsa*, *Siderosphaera*, *Sphaerotillus*.

În aceeași măsură diferite specii de fungi pot forma bioskene existând nenumărate specii care se fixează și formează pelicule biologice care degradează mediul:

Specii de *Penicillium albicans*, *P. avellaneum*, *P. canescens*, *P. chrysogenum*, *P. citrinum*, *P. crustaceum*, *P. luteum*, *P. nigricans*, *P. roseo-purpureum*, *P. violaceum* etc. se fixează pe substrat alături de bacterii și de alge.

Pe diferite opere de artă au fost identificate bioskene, pe materialele din structura acestora, realizate de diferite specii de *Fusarium*. Este vorba de

Fusarium fusaroides, *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *F. roseum*, *F. sambucinum*, *F. solani* etc. Aceste specii atacă hârtia, cartonul, pasta de celuloză, fibrele textile, pergamentul, pielea tăbăcită, chiar și lemnul, ceara, cauciucul și masele plastice.

Alături de speciile de *Fusarium* pot acționa diferite specii de *Aspergillus*, accelerând procesul de biodegradare a unor bunuri de patrimoniu (Pl. 4). Specii precum *Aspergillus candidus*, *A. carneus*, *A. clavatus*, *A. flavus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. proliferans*, *A. repens* și multe alte specii formează asocieri deosebit de periculoase pentru bunurile de patrimoniu.

Película biologică se poate îngroșa mult în natură. Prezentăm un anumit algoritm în desfășurarea procesului de biodeteriorare. Colonizarea unui substrat de către bacteriile heterotrofe se poate realiza cu multă ușurință, deoarece acestea au capacitatea de a sintetiza unele substanțe cu rol adeziv. Din momentul în care substratul a fost deja colonizat, ca urmare a acțiunii microorganismelor, acesta începe să devină mult mai vulnerabil la acțiunea unor agenți biodeterioratori.

Am întâlnit multe cărți atacate de bacterii și de ciuperci. Cărțile erau acoperite de pete caracteristice atacului streptomicetelor (fig. 1.34), în structura hârtiei degradate ca urmare a atacului (Pl. III, IV). De asemenea, pergamente de mare valoare biodeteriorate ca urmare a atacului unor mușegaiuri. Numeroase fresce afectate de umiditate au fost acoperite de micelii fungice care au provocat un proces de biodeteriorare greu de înlăturat (fig. 1.35, Pl. X).



Fig. 1.34. Cărți afectate de atacul bacteriilor și ciupercilor



Fig. 1.35. Frescă afectată de bacterii și fungi

Suprafețe mari de piatră acoperite de alge inițiază procesul de biodeteriorare. Se asociază alge albastre (cianobacterii) alături de alge verzi (Pl. V, VI, VII). Putem găsi bioskene formate din alge albastre aparținând genurilor: *Chroococcus*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Plectonema*, alături de specii de *Chlorococcum*, *Navicula* și *Gloeocystis* dintre alge (fig. 1.36), la care se adaugă și bacterii.

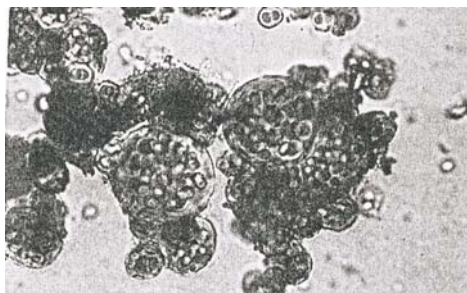


Fig. 1.36. Bioskenă formată de alge

Pe zidurile unor lăcașe de cult au fost găsite asociații formate de bacterii heterotrofe cum ar fi: *Streptomyces albus*, *S. aureocolorigens*, *S. cinereoruber*, *S. griseoalbus* alături de specii de *Aphanocapsa*, *Chlorogloea*, *Synechocystis* și de fungi din genurile *Acremonium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Pullularia*, *Verticillium*.

Asocierile de specii biodeteriogene pot deveni deosebit de heterogene. Multe specii de mușchi (*Briophyte*) se localizează pe rocile populate de bacterii și de alge, în coloniile cărora s-au fixat și multe particule de praf. Colonizarea briofitelor depinde mult și de natura substratului. Cercetările au probat că în diverse arii arheologice romane s-au fixat unele specii de mușchi precum: *Grimmia pulvinata*, *Barbula convoluta*, *Dydimodon vinealis*, *Bryum donianum*, *Brachythecium velutinum* etc.

Lichenii se asociază cu ușurință. Flora lichenică este caracteristică (Pl. III). Între speciile care au fost frecvent întâlnite putem menționa pe: *Parmelia scabrosa*, *Pertusaria leucosoria* și *Lepraria flava*.

Asociații de bacterii, alge, mușchi și licheni dau naștere unor formațiuni numite **bioderme vegetale** (Pl. V, VI). Bioderma vegetală este întreținută atât de speciile pioniere, care colonizează suportul cât și de umiditatea care se menține și de praful care este fixat și reținut cu ușurință (fig. 1.37). Putem ilustra la nesfârșit cazuri de monumente expuse în mediu pe care s-a format o biodermă vegetală care acoperă mari suprafețe. Diferite părți ale monumentelor pot fi acoperite dominant de alge, de licheni sau de mușchi și în suficiente cazuri se instalează și plante superioare: *Lecanora muralis* poate acoperi suprafețe mari, talul fiind

foarte bine fixat. De asemenea *Lecanora sulphurea*, *Petractis clausa* și *Verrucaria baldensis*.



Fig. 1.37. Bioderma vegetală de pe un monument de artă

BIODETERIORAREA MATERIALELOR ORGANICE

Practic nu există substanțe organice de origine biologică care să nu fie supuse procesului de biodeteriorare, ceea ce asigură circuitul bio-geo-chimic al substanțelor. Unele substanțe organice produse artificial nu sunt biodegradabile sau sunt foarte greu biodegradabile. Două aspecte importante apar aici. Biodeteriorarea substanțelor organice este benefică atunci când acestea se află în natură sub formă de deșeuri, deoarece intră în circuitul bio-geo-chimic micșorând procesul de poluare. Este cunoscut faptul că multe produse organice sintetice nefiind biodegradabile ne produc necazuri foarte mari fiind răspândite pretutindeni și producând poluare prin suprasaturarea mediului.

Pe de altă parte biodegradarea substanțelor organice de natură biologică provoacă deteriorarea rapidă a unor bunuri de patrimoniu de mare valoare, impunând măsuri energice pentru evitarea biodegradării și conservarea acestora.

Paola Mandrioli, Giulia Caneva și Cristina Sabbioni (2003) realizează o sinteză privind agenții biodeterioratori și substratul material supus biodeteriorării.

Alterarea biologică (biodegradarea) materialelor organice

Grupul sistematic	Genurile implicate	Pagube provocate
Hârtie		
Bacterii autotrofe	<i>Thiobacillus, Desulfovibrio, Nitrosomonas, Nitrosovibrio, Nitrosococcus, Nitrospora, Nitrobacter, Nitrococcus, Nitrospira</i>	Cruste negre, patinare, exfolieri, pulverizare
Bacterii heterotrofe	<i>Bacillus, Nocardia, Streptomyces</i>	
Deuteromycetes	<i>Cladosporium, Alternaria, Stachybotrys, Aspergillus, Penicillium, Phoma</i>	Pete, patinare, scobituri (gropițe)
Alge Chlorophyceae	<i>Chlorella, Chlorococcum, Haematococcus, Scenedesmus, Stichococcus, Ulothrix, Chroococcus, Gloeocapsa, Lyngbya, Nostoc, Oscillatoria, Scytonema, Myxosarcina</i>	Patinare, filme biologice, schimbarea culorilor și a consistenței
Licheni	<i>Acarospora, Aspicilia, Caloplaca, Candelariella, Diploschistes, Lecanora, Lecidea, Verrucaria, Xanthoria</i>	Încrustații, exfolieri, gropițe
Mușchi și plante superioare	<i>Eurhynchium, Eucladium, Parietaria, Hedera, Fiscus, Capparis, Cymbalaria, Sonchus, Anthirrianum, Ailanthus, Ulmus, Robinia, Rubus</i>	Încrustații, eroziuni de suprafață, spongieri și detașări
Lemn		
Bacterii heterotrofe	<i>Pseudomonas, Achromobacter, Cytophaga, Sporocytophaga, Sorangium, Vibrio, Cellvibrio, Cellfalcicula</i>	Eroziuni, schimbări în caracteristicile mecanice.
Fungi Basidiomycetes	<i>Coriolus, Fomes, Pholiota, Pleurotus, Polystictus, Serpula, Poria, Coniophora,</i>	

	<i>Chaetomium, Xylaria</i>	Putregai alb, brun sau roșu, pete, pigmentații, schimbări în caracteristicile mecanice
Ascomycetes	<i>Hypoxylon, Alternaria, Coniothyrium, Humicola</i>	
Deuteromycetes	<i>Stemphylium, Stysanum, Chlorociboria, Aspergillus, Aureobasidium, Fusarium, Penicillium, Trichoderma.</i>	
Fibre de origine vegetală		
Bacterii heterotrofe	<i>Sporocytophaga, Cellvibrio, Cellfalcicula, Microspora, Clostridium</i>	Eroziuni, pete, decolorări, pierderi în caracteristicile mecanice
Fungi	<i>Alternaria, Aspergillus, Fusarium, Memnoniella</i>	Eoroziuni superficiale sau profunde, pete, decolorări, pigmentații, pierderi în caracteristicile mecanice.
Ascomycete	<i>Stachybotrys, Stemphylium, Chaetomium</i>	
Zygomycetes	<i>Neurospora, Mucor, Rhizopus</i>	
Deuteromycetes	<i>Myrothecium, Penicillium, Scrophulariops</i>	
Fibre de origine animală		
Bacterii heterotrofe	<i>Bacillus, Proteus, Pseudomonas, Streptomyces</i>	Pete, decolorări, eroziuni, pierderi în caracteristicile mecanice
Fungi	<i>Aspergillus, Fusarium, Trichoderma</i>	Pete, decolorări, eroziuni, pierderi în caracteristicile structurale
Deuteriomycetes	<i>Trichophyton, Microsporum</i>	
Pergament și piele		
Bacterii heterotrofe	<i>Bacillus, Proteus, Pseudomonas, Sarcina, Bacteroides, Clostridium</i>	Pete, decolorări, eroziuni, pierderi în caracteristicile structurale
Fungi	<i>Aspergillus, Fusarium, Cladosporium, trichoderma, Penicillium</i>	Eroziuni, pete, decolorări, întăriri, pierderi ale caracteristicilor structurale și ale integrității
Deuteromycetes	<i>Scrophulariopsis</i>	
Ascomycetes	<i>Paecilomyces, Ophiostoma, Neurospora</i>	
Materiale sintetice		
Bacterii heterotrofe	<i>Pseudomonas, Nicardia, Brevibacterium, Arthrobacter, Cellulomonas, Streptomyces</i>	Schimbări în caracteristicile fizice și chimice
Fungi	<i>Chaetomium, Aspergillum,</i>	Schimbări în

	<i>Penicillium</i>	caracteristicile chimice, pigmentații, pete
Ascomycetes	<i>Trichoderma, Cladosporium</i>	

Biodeteriorarea materialelor anorganice

Grupul sistematic	Genurile implicate	Pagube provocate
Sticlă		
Bacterii eutrofe	<i>Nespecifice</i>	Eroziuni, pete, opacifiere
Alge	<i>Nespecifice</i>	Patinări, eroziuni
Fungi	<i>Nespecifici</i>	
Licheni	<i>Diploicia, Pertusaria, Lepraria, Verrucaria, Xanthoria</i>	Eroziuni, încrustații, opacifieri, iridiscentă, gropițe
Metale		
Bacterii autotrofe	<i>Nespecifice</i>	Eroziuni
Alge	<i>Nespecifice</i>	Patinări

AUTOTROFIA

Autotrofe sunt organismele capabile să trăiască și să crească pe medii lipsite de substanțe organice și să sintetizeze substanțe organice caracteristice.

Microorganismele autotrofe sintetizează, pornind de la CO₂ ca sursă unică de carbon și azot (N) sub formă de NH₃, nitrat sau chiar N₂ (azot molecular), diferite săruri minerale și apă, o serie de substanțe organice.

În funcție de sursa de energie folosită organismele autotrofe pot fi:

- fotoautotrofe – care folosesc lumina ca energie;
- chimioautotrofe – care obțin energia necesară în oxidarea unor compuși anorganici reduși, ca NH₃, nitriți, compuși ai S, Fe sau H₂.

Microorganismele chemolitotrofe obligate obțin energia necesară pentru creștere și pentru asimilarea C prin oxidarea specifică (în absența luminii) a unor compuși anorganici ai S, ai ionilor NH₄ și fier feros sau a H molecular;

Microorganismele fotolitotrofe obligate utilizează energia luminoasă, asociată cu oxidarea compușilor reduși ai S sau H₂.

„**Hydrogen bacteriile**” sunt bacterii chemolitotrofe aerobe. Utilizează hidrogenul gazos ca donator de electroni (având oxigenul ca acceptor de hidrogen) și fixează CO₂ pentru sinteza de substanțe organice necesare creșterii. Hydrogen-bacteriile au enzime caracteristice – hidrogenaze ca enzime activatoare de hidrogen. Oxidarea hidrogenului la apă produce suficient ATP pentru a permite sinteza de material celular. Hydrogen-bacteriile sunt grupate în 3 categorii:

1. Bacterii care oxidează hidrogenul aerob: *Alcaligenes eutrophus*, *Pseudomonas facilis*, *Xantobacter autotrophicus*, *Nocardia autotrofica*;
2. Bacteriile care oxidează monoxidul de carbon, care cresc folosind CO ca unică sursă de C și energie.
3. Bacterii autotrofe care cresc în mediul mineral, la întuneric, în atmosfera de hidrogen, CO₂ și O₂. *Rhodopseudomonas capsulata*.

Bacteriile sulfoxidante

Obțin energia din oxidarea sulfului elementar și a diferiților compușilor organici. Incapacitatea lor de a crește pe orice substrat organic s-ar datora fie formării și acumulării unui metabolit toxic, de la substratul organic netolerat, fie acțiunii anumitor aminoacizi care inhibă creșterea.

Unele bacterii sulfoxidante pot cupla oxidarea compușilor organici ai sulfului cu alte procese:

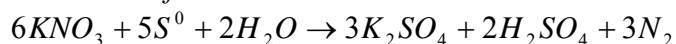
Thiobacillus ferrooxydans este o bacterie sulf- și feroxidantă capabilă să oxideze sulful elementar, H₂S, N₂S₂O₃, precum și Fe⁺² la Fe⁺³;

Thiobacillus denitrificans, o bacterie sulfoxidantă și dinitrificatoare oxidează S⁰, H₂S și N₂S₂O₃ în aerobioza și nitrării în anaerobioză.

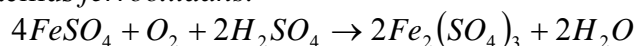
Bacteriile sulfoxidante produc acid sulfuric și fier feric (Fe⁺³) în condiții asociate cu coroziunea conductelor, a diferitelor structuri metalice și a betoanelor.

Thiobacillus tioparus: $H_2S + 2O_2 \rightarrow H_2SO_4$

Thiobacillus denitrificans:



Thiobacillus ferrooxidans:



Bacteriile sulfat reducătoare

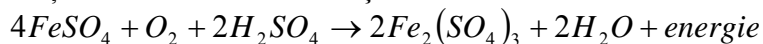
Sunt strict anaerobe și utilizează sulfatul ca acceptor final de electroni, în oxidarea anaerobă a unor substraturi organice. Determină acumularea unor mari cantități de H₂S în mediile naturale.

Desulfovibrio desulfuricans, *Desulfomonas pigra*, *Desulfotomaculum nigricans*, unele dintre cele mai vechi forme de viață apărute pe pământ, utilizează ca sursă de energie un număr restrâns de compuși, produși finali ai unor fermentații: lactatul, malatul sau etanolul.

Puterea lor reducătoare este folosită la reducerea sulfatului la H₂S. Prin acțiunea lor determină coroziunea conductelor și blocarea apelor de injecție în sondele de petrol, coroziunea sistemelor de încălzire. Efectele lor sunt asociate cu poluarea apelor, mirosul dezagrabil determinat de acumularea de H₂S și de înnegrirea apelor și a nămolului ca urmare a formării sulfurii de fier.

Bacteriile feroxidante

Thiobacillus ferrooxidans oxidează fierul feros (Fe^{2+}) la fier feric (Fe^{3+}). Energia obținută este folosită la creșterea bacteriei.



Bacteriile filamentoase *Sphaerotilus* și *Leptathrix* prezintă o teacă mucilaginoasă impregnată cu hidroxid feric ($\text{Fe}(\text{OH})_3$).

Bacteriile nefilamentoase: *Siderocapsa*, *Naumanniella*, *Ochrobium* și *Siderococcus* trăiesc în apele feruginoase și depun oxizi de fier pe suprafața capsulelor.

Gallionella ferruginea este o bacterie chemolitotrofă capabilă să oxideze Fe feros în Fe feric, în timp ce asimilează mari cantități de CO_2 .

Bacteriile feroxidante pot acționa asupra unor bunuri de patrimoniu care conțin sulfură de fier: picturi murale, fresce etc.

Fotosinteza de bacterii

Bacteriile fotosintetizante sunt grupate în ceea ce numim *Photobacteria*, care la rândul lor sunt împărțite în *Oxyphotobacteria* și *Anoxyphotobacteria*.

Oxyphotobacteria cuprinde bacteriile capabile de fotosinteza organică, fiind reprezentate de *Cyanobacterii* și chiar de unele bacterii halofile extreme în genul *Halobacterium*.

Ca pigmenți asimilatori conțin bacterioclorofila a și clorofila a, iar ca produși primari ai conversiei de energie ATP sau ATP+NADPH. Sursa de carbon o reprezintă CO_2 , iar ca donori de hidrogen H_2S , H_2 , S^0 la bacteriile verzi și H_2O la *Cyanobacterii*.

Bacteriile verzi conțin bacterioclorofila a sau b, ca produși primari ai conversiei de energie ATP, iar ca sursă de carbon CO_2 .

Cyanobacteriile conțin clorofila a, iar ca produși primari ai conversiei de energie ATP+NADPH și ca donor de hidrogen apa.

Prochlorophytes au clorofila a, ATP+NADPH ca produși primari ai conversiei de energie și apa ca donor de hidrogen.

Halobacterium prezintă ca pigment fotosintetizant bacteriorhodopsină și ATP ca produs primar al conversiei de energie.

Anoxyphotobacteria fac fotosinteză anoxigenică cu ajutorul bacterioclorofililor utilizând în anerobioză compuși ai S, H sau compuși organici simpli ca donori de electroni. Aici încadrăm bacterii din ***Rhodospirillales*** și ***Chlorobialis***.

Bacteriile din ***Rhodospirillales*** au clorofila a și b precum și pigmenți carotenoizi. Aparatul fotosintetic este încorporat în membrana citoplasmatică. Prezintă ATP ca produși primari ai conversiei de energie, iar ca sursă de carbon pot folosi CO_2 sau carbon organic. Ca donori de hidrogen folosesc H_2S , H_2 , S^0 .

Bacteriile din **Rhodospirillales** sunt grupate în două familii: Rhodospirillaceae și Chromatiaceae.

Din Rhodospirillaceae fac parte genurile: *Rhodospirillum*, *Rhodopseudomonas* și *Rhodomicrobium*.

Din Chromatiaceae fac parte genurile: *Chromatium*, *Thiocystes*, *Thiospirillum*, *Lampocystes* etc.

Familia Chlorobiaceae cuprinde bacterii fototrofe obligate, anaerobe, care conțin cantități mici de bacterioclorofilă a, bacterioclorofilă c, d sau e și pigmenți carotenoizi. Aceste bacterii au pigmenți care primesc radiațiile luminoase în organite speciale – **clorosomi**. Bacterioclorofila a se găsește situată în membrana celulară.

Între genurile mai importante menționăm: *Chlorobium*, *Prosthecochloris*, *Chloropseudomonas*, *Pelodictyon* etc.

Familia Chloroflexaceae cuprinde bacterii filamentoase, care funcționează în prezența O₂. Conțin bacterioclorofila C și pigmenți carotenoizi.

Chloroflexus aurantiacus trăiește în unele izvoare termale.

BACTERII PATOGENE

Bacteriile reprezintă cei mai importanți descompunători ai substanțelor organice. Au un rol deosebit de important în economia naturii, întreținând circuitul bio-geo-chimic și prin această viață pe Terra. Pentru economia omului pot fi dăunătoare atunci când afectează bunurile de larg consum și bunurile de patrimoniu. Bacteriile parazite au rol negativ în economia omului putându-i pune în pericol chiar existența.

Cei care lucrează în domeniul conservării bunurilor de patrimoniu trebuie să înțeleagă faptul că nu pot lucra oricum. Nu poți preleva probe de agenți biodeterioratori fără o protecție antimicrobiană eficientă. Nu poți acționa la întâmplare într-o necropolă, după cum nu poți lucra cu antichități sau cu diferite obiecte păstrate în depozitele pline de praf și de tot felul de mizerii.

Mănușile și masca de protecție sunt indispensabile, precum și toate măsurile de protecție antimicrobiană.

Multe bacterii patogene se găsesc în natură sub formă de spori rezistenți, care pot găsi diferite porți de intrare în organismul nostru atunci când nu ne asigurăm protecția. În cele ce urmează vom avertiza asupra unor bacterii patogene care ne pot pune în pericol sănătatea sau chiar viața dacă nu respectăm principiile de igienă necesară.

Actinomyces israeli din grupul actinomicetelor anaerobe.

Provoacă actinomicoze în cavitatea bucală, în criptele amigdalene și în placa dentară. Apar și în secrețiile vaginale ale femeilor normale. Are un rol important în etiopatogenia complexă a cariilor dentare și în bolile paradentale.

Nocardia asteroides este un actinomicet teluric. Pătrunde accidental în plăgile traumatice sau este inhalată odată cu praful ridicat în atmosferă. Determină infecții pulmonare cronice, supurații cronice ale plăgilor etc.

Micoplasmele pot determina boli grave omului. Micoplasmele sunt bacterii care nu au perete celular. Talul este format din filamente subțiri și ramificate, cu aspect moniliform.

Mycoplasma pneumoniae are tropism respirator. Pătrunde în organism prin căile respiratorii și poate provoca bronșite, faringite și chiar pneumonii. Poate determina chiar complicații prin extinderea infecției precum anemie hemolitică, encefalită, mielită, endocardită etc.

Stafilococii sunt agenți patogeni care ne pot zdruncina grav sănătatea. Foliculita apare atunci când este atacat foliculul pilos. Prin extinderea infecției stafilococice la glanda sebacee se produce furunculul, iar extinderea acestuia la mai multe unități pilo-sebacee determină formarea furunculului antracid, deosebit de periculos. Infecțiile cu stafilococi pot provoca otite medii, sinuzite sau pneumonii stafilococice, care pot complica mult virozele respiratorii.

Infecția se transmite prin mâini contaminate, pulberi, praf, lenjerie, îmbrăcăminte și instrumentar contaminat. De aceea portul măștilor și protecția echipamentului în timpul lucrului sunt obligatorii.

Staphylococcus aureus și *S. epidermis* sunt specii frecvente, iar mulți oameni sănătoși sunt purtători ai acestor agenți patogeni.

Streptococii sunt răspândiți pretutindeni și pot determina boli periculoase la om și la animale.

Streptococii β -hemolitici produc în jurul coloniilor o zonă de hemoliză clară, cu dispariția completă a hematiilor.

Streptococii α -hemolitici se numesc și **streptococi viridans** deoarece produc în jurul coloniilor o zonă verde, cu hematiile parțial distruse.

Streptococcus pyogenes este o bacterie patogenă deosebit de periculoasă. Este răspândit pretutindeni. Până la 20-30% din persoane îl poartă în cantități reduse în căile nazo- și orofaringeale. Transmiterea se face prin contact direct, mâini, scuame, îmbrăcăminte. Provoacă faringite, amigdalite, sinuzite, febra puerperală etc. La unii bolnavi care se găsesc în convalescență infecțiile cu *S. pyogenes* pot să apară în boli grave: febra reumatismală, glomerulonefrita acută etc.

Streptococcus pneumoniae se instalează la nivelul căilor respiratorii. Poate provoca alături de bronșite, sinuzite și pneumonii lobare acute și infecții grave care evoluează bacteremic și se pot implica în pleurezii, peritonite pneumatococice etc.

Proporția purtătorilor de *Streptococcus pneumoniae* variază între 30 și 70%. De aceea infecțiile pneumococice evoluează epidemic în colectivitățile umane. Sursa de infecție nu o constituie atât bolnavii pneumococici cât purtătorii sănătoși.

Meningococul *Neissera meningitidis* se localizează tot în nazo-faringe. Provoacă meningococii și meningite, infecțiile fiind foarte periculoase. Debutază cu o stare generală alterată, cefalee, grețuri și vărsături, febră și o erupție purpurică. Fără un tratament adecvat, rapid provoacă moartea.

Transmisia agentului patogen se face prin obiecte recent contaminate de către purtătorii sănătoși.

Bacilii cu poartă de intrare respiratorie pot provoca boli grave.

Bacilul difteric, *Corynebacterium diphtheriae* se remarcă prin rezistența la uscăciune. Determină o toxiinfecție gravă, contagioasă. Sursa de infecție o constituie atât bolnavii cât și purtătorii sănătoși. Când atacă laringele și traheea provoacă afixie. În formele grave apar paralizia vălului palatin, paralizii oculare iar când atacă rinichii și glandele suprarenale provoacă moartea.

Bardetelia pertussis provoacă tusea convulsivă, o boală contagioasă gravă. Sursa de infecție o constituie bolnavii, iar calea este aerogenă, prin picături prezente în aer. Boala evoluează în trei stadii: cataral, convulsiv și de convalescență. În stadiul cataral semnele clinice sunt necaracteristic (tuse, strănut, catar respirator). În stadiul convulsiv apar semne alarmante și accese de tuse spasmodice.

Accesul de tuse începe cu un inspir brusc, adânc, însoțit de suspin. Urmează 5-10 secuse expiratorii când aerul nu intră în plămâni încât bolnavul rămâne în expir forțat, se cianozează și are senzația de sufocare. Urmează un expir brusc, zgomotos, ca un răget de măgar (de unde și numele popular de „tuse măgărească”).

Bacilul pioceanic este deosebit de periculos deoarece poate infecta plăgile și mai ales arsurile. Este larg răspândit în natură (în ape, în sol, pe plante, pe tegumentul persoanele normale etc.). Fiind frecvent întâlnit în spitale bacilul pioceanic poate determina infecții plăgilor operatorii, oftalmii după operațiile de cataractă etc. Este spaima spitalelor, mai ales a secțiilor de chirurgie.

Între bacilii sporulați bacilul tetanosului, *Clostridium tetani*, este deosebit de periculos. Sporii se găsesc în toate mediile, în pământ, praf, fecale încât ne putem contamina cu ușurință dacă nu păstrăm regulile de igienă. Provoacă tetanosul și are ca poartă de intrare diferite plăgi, arsuri. *C. tetani* rămâne cantonat la poarta de intrare, dar elaborează rapid toxina care difuzează pe calea nervilor motori și pe cale sanguină spre sistemul nervos central, unde se fixează rapid pe receptori specifici. Bolnavul are, după o perioadă de incubație de câteva zile sau chiar săptămâni, contracturi ale mușchilor masticatori. Apoi contracturile tonice

se generalizează. Când musculatura inspiratorie intră în contracție tetanică survine moartea.

Nu ne propunem să dezvoltăm aceste aspecte, deși sunt necesare cunoașterii. Ținem însă să atragem atenția că un specialist care se ocupă cu probleme privind conservarea bunurilor de patrimoniu trebuie să acționeze cu mare precauție. Tratează anumite valori bolnave ale creației umane, supuse unor pericole grave de degradare, însă de cele mai multe ori unele bunuri de patrimoniu care au căzut pradă agenților biodeterioratori au ajuns în această situație datorită nepriceperii, indolenței sau nepăsării unor oameni. De aceea trebuie să se lucreze cu pricepere și cu prudență pentru a nu suferi consecințe nebănuite.

SUPRAREGNUL EUKARYA

Cuprinde toate organismele eucariote, de la amibe la animale, fungi și plante. Unitatea caracteristică acestui supraregn este doar celula de tip eucariot, fie că este vorba de organisme unicelulare sau pluricelulare, solitare sau coloniale.

REGNUL PROTOCTISTA (PROTISTA)

Este un regn creat artificial, în care ar trebui să intre doar organismele unicelulare. S-a renunțat la acest principiu deoarece în acest regn au fost grupate și algele. Este greu să diferențiezi algele unicelulare de cele pluricelulare deoarece prezintă foarte multe caracteristici comune și o continuitate evolutivă.

În acest regn sunt incluse toate Protozoarele, care erau încadrate în Regnul Animalia. Protozoarele sunt organisme unicelulare, solitare sau coloniale, cu sau fără schelet.

În regnul Protoctista sunt grupate unele organisme care erau incluse între Fungi. Este vorba de încrengăturile **Myxomycota**, **Plasmodiophora**, **Hyphochytriomycota**, **Chitridiomycota** și **Oomycota**.

Nu încercăm să facem o analiză comparativă între încrengăturile **Ciliata**, **Rhodophyta** și **Chitridiomycota** pentru a putea stabili unele particularități structurale ale regnului Protoctista deoarece ar fi foarte greu să găsim multe elemente comune.

Trebuie să considerăm doar că acest regn are o structură foarte heterogenă, că este artificial stabilit și că ne vom aștepta ca, la rândul său, să fie împărțit în două sau trei regnuri.

Deja din acest regn au fost desprinse regnurile: **Chromista** și **Protista**, după AlexopoUlus și colab. (1996). Noi păstrăm deocamdată această structură a regnului **Protoctista**, stabilită de Margulis, L. și Schwartz, K.V. (2000).

În regnul Protoctista sunt grupate 29 de încrengături, între unele fiind cu greu stabilite relații filogenetice.

Acest curs fiind destinat specialiștilor care lucrează în domeniul conservării bunurilor de patrimoniu ne simțim obligați să ne oprim doar asupra acelor încrengături cu ai căror reprezentanți ar putea veni în contact, fie prin faptul că acționează ca agenți biodeterioratori, fie că ar putea să le afecteze sănătatea dacă nu lucrează în condiții de maximă precauție.

Unii reprezentanți, cum ar fi cei din clasele Foraminifera și Radiolari generează diferite tipuri de roci (calcare numulitice sau de foraminifere, respectiv radiolarite) care sunt folosite în construcția sau la confecționarea unor bunuri de patrimoniu.

Încrângătura ARCHAEPROTISTA

Cuprinde organisme anaerobe care amintesc de eucariotele primordiale, constituind relice din primele etape ale apariției eucariotelor. Speciile acestei încrângături nu prezintă mitocondrii. Se pare că este vorba de lipsa primară a acestora.

Din clasa Metamonada fac parte unele specii al căror nucleu este atașat de flagel prin fibre numite conectori nucleari sau rizoplaste. Unele specii sunt parazite la om, de aceea trebuie să avem mare grijă atunci când lucrăm cu unele obiecte de patrimoniu care au fost depozitate în condiții lipsite de igienă, sau pline de praf etc.

Giardia intestinalis (Lambliia intestinalis)

Parazitează la oameni, șoareci, câini, iepuri și șobolani. Este agentul patogen al giardiozei (lambliazei). Forma infestantă este cea chistică și se transmite prin apă și alimente vegetale nespălate, prin mâinile murdare etc. Lambliaza apare ca o diaree cronică, evoluând luni sau chiar ani, fiind rebelă la tratament. Are o structură caracteristică, ușor de recunoscut. Are o simetrie bilaterală și dimensiunea de 10-20μ. Are aspect pririform, partea posterioară fiind ascuțită. În treimea anterioară prezintă o ventuză ventrală mare, cu care se fixează. În această zonă se văd cei doi nucleii dispuși simetric. Între nucleii se găsesc trei perechi de corpusculi bazali de la care pleacă flagelii cu dispoziție variată: o pereche anterioară care se încrucișează, o pereche laterală și una posterioară. O altă pereche de flageli se găsește în partea posterioară a ventuzei (fig. 2.1).

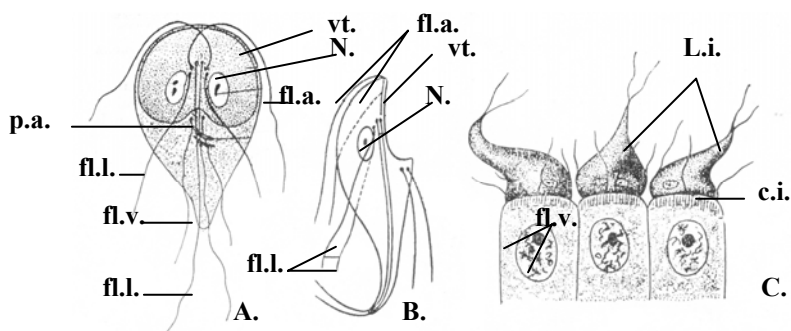


Fig. 2.1. *Lambliia* (= *Giardia*) *intestinalis*. A. Văzută pe fața ventrală; B. Văzută lateral (din profil); C. Lamblii fixate cu ventuza de celulele epiteliului intestinal
c.i. – celule intestinale; fl.a. – flageli anteriori; fl.l. – flageli laterali; fl.p. – flageli posteriori;
fl.v. – flageli ventrali; L.i. – lamblii intestinale; N. – nucleii; vt. – ventuză; pa. – parabazal
(după V. Radu)

Parazitul se localizează în duoden fixându-se cu ventuza de celule epiteliale. Pătrunde însă și în colecist și chiar în ficat provocând abcese.

Trichomonas vaginalis parazitează căile genito-urinare provocând trichomonaza genito-urinară. Infestarea se poate face prin mâinile murdare, prin băi în piscină, prin rufe murdare etc.

Trichomonas vaginalis au 15-25 μ lungime, prezintă aspect piriform și are o membranelă ondulantă și un axostil caracteristice (fig. 2.2). Patogenitatea este caracteristică pentru femei, însă parazitul se poate instala și la bărbați în uretră și în prostată.

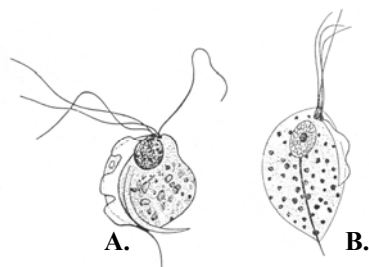


Fig. 2.2. A. *Trichomonas vaginalis*; B. *Trichomonas hominis*

Trichomonas intestinalis este de dimensiuni mai mici și se localizează în intestinul subțire al omului, în mediul alcalin, provocând iritații sau ulcerații grave.

Rezistă în mediu sub formă de chisturi de rezistență și pătrunde pe cale bucală odată cu alimentele.

În clasa Parabazalia sunt cuprinse ordinele Hypermastigida și Trichomonadida.

Hypermastigida cuprinde specii endosimbiotice la insecte. Indivizii prezintă zeci sau chiar sute de flageli dispuși circular sau spiral în partea anterioară a corpului și kinetosomi.

Trichonympha chattoni (fig. 2.3) trăiește în intestinul termitelor, având rol principal în digestia celulozei. *Lophomonas blattarum* se găsește în intestinul gândacului de bucătărie (*Blatta orientalis*).

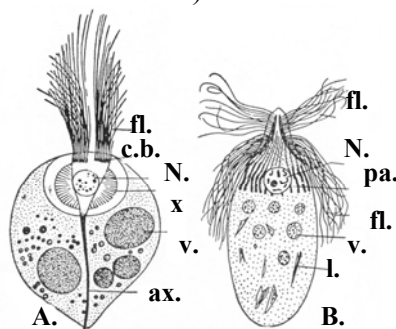


Fig. 2.3. A. *Lophomonas blattarum*; B. *Trichonympha chattoni*;
Ax. – axostil; c.b. – corpusculi bazali; fl. – flageli; l. – bucățele de lemn;
pa. – corpi parabazali; N. – nucleu; v. – vacuolă; x. – corpi enigmatici

Încrengătura MICROSPORA

Cuprinde organisme primitive, fără mitocondrii, unele parazite iar altele saprofite. În structura lor prezintă un filament polar.

Noosema bombycis parazitează larvele fluturilor de mătase dând boala numită **pebrina**. *Nosema apis* parazitează albinele.

Încrengătura RHIZOPODA

Cuprinde organisme unicelulare fără flagel, însă cu pseudopode ca organite de mișcare.

Amoeba proteus este larg cunoscută prin simplitatea structurii corpului. Corpul este polimorf deoarece își schimbă forma de la un moment la altul, în funcție de formarea pseuopodelor pe direcția de deplasare.

În clasa **Lobosea** intră așa-numiții **amoebieni nuzi**. În ordinul Amoeboida intră *Entamoeba histolytica*, care produce o dizenterie amibiană periculoasă pentru om. Mai există și alte specii parazite care pot pătrunde în organism în condițiile lipsei de igienă.

În subordinul Thecina încadrăm unele specii care își formează un țesut pentru protecție. La *Diffugia vulgaris* și *Euglypha strigosa* se formează un schelet pseudochitinos sau silicios de protecție.

În clasa Acrasiomycota, subclasa Dictyostelia sunt încadrate genurile *Dictyostelium*, *Polysphondilum* și *Acytostelium*. Celulele la *Dictyostelium discoideum* sunt uninucleate și haploide, altele diploide și trăiesc izolate pe pământ umed. În condiții critice celulele se adună și dau naștere unei structuri de rezistență cu un sorocarp caracteristic, prin mișcările complexe ale celulelor care se asociază (fig. 2.4).

Încrengătura GRANULORETICULOSA

Sunt organisme ușor de recunoscut după rețeaua de reticulopode pe care o formează. Speciile sunt protejate de căsuțe scheletice formate din carbonat de calciu. Speciile din clasa Foraminifera sunt recunoscute în funcție de structura și dispunerea căsuțelor. În timpul erelor geologice speciile de foraminifere au dat naștere la unele roci sedimentare numite calcare cu foraminifere.

Specii de *Nummulites* au depus straturi groase de cochilii în terțiar, care au format așa-numitele **calcare cu numuliți**.

Nummulites ar însemna „**bănuți de piatră**”. În antichitate în unele țări erau folosiți ca monezi (nummus = monedă mică). În țara noastră se găsesc numeroase depozite terțiare de calcare numulitice. Este cunoscut calcarul cu numuliți de la Albești – Argeș. La reconstrucția Bisericii „Trei Ierarhi” din Iași, a fost folosit calcar cu numuliți de la Albești. În jurul Clujului se găsesc, de asemenea, depozite de calcare cu numuliți. Pe unele străzi acest calcar a fost folosit pentru pavaj.

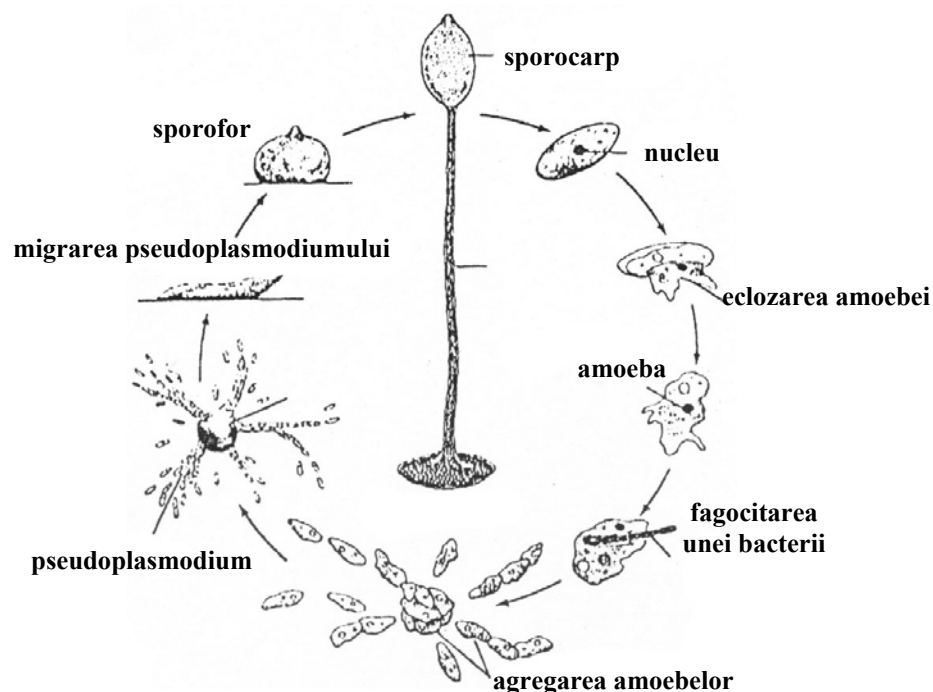


Fig. 2.4. Ciclul biologic la *Dictyostelium discoideum* (după L. Margulis, K. Schwartz, 2000)

Foraminiferele sunt bentonice și trăiesc pe fundul mărilor. Realizează populații foarte mari. Unele specii sunt pelagiale, trăiesc în grosimea apei, iar indivizii care cad formează o ploaie de foraminifere. Scheletelor formează roci calcaroase. În acest sens sunt cunoscute calcarele cu fusuline din Carbonifer și Permian. Fusulinidele au avut o răspândire universală în Carbonifer-Permian. Au evoluat foarte rapid și au populat zonele litorale ale mărilor calde dând naștere la depozite impresionante de calcar. Calcarul alb (cretă) din cretacic și, calcarul cu miliolite din terțiar se datorează tot foraminiferelor. Multe specii trăiesc și astăzi pe fundul mărilor și al oceanelor. Pe fundul bazinelor acvatice se formează așa-numitul „mâl de globigerine” care se găsește în cantități impresionante în Oceanul Atlantic, dar și în Marea Neagră.

Dintre speciile cele mai comune menționăm pe *Lagena hispida*, *Cornuspira foliacea*, *Globigerina helleoides* și *Nummulites cumingi* (fig. 2.5 și 2.6).

Încrengătura XENOPHYOPHORA

Cuprinde specii mari, bentale, unele chiar abisale. Se hrănesc fagotrof cu bacterii și protiste. Prezintă un plasmodiu multinucleat inclus într-un sistem de tuburi ramificate, cu un complex de structuri numite granellae. Sunt heterocariote, nucleii fiind diferențiați: somatici și generativi.

Prezintă un țest format din material străin (xenophyae = particule stranie).
Galatheammmina tetraedra are o formă caracteristică, tetraedra.

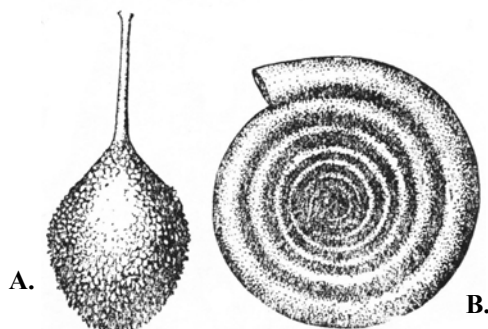


Fig. 2.5. A. *Lagena hispida*; B. *Cornuspira foliacea*

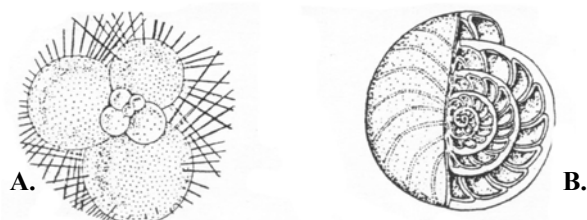


Fig. 2.6. A. *Globigerina helioides*; B. *Nummulites cummingii*

Încrângătura MYXOMYCOTA

Speciile din această încrângătură prezintă alternanța unor generații haploide și diploide. Celulele haploide poartă doi flageli inegali, situați anterior. Aceste celule se transformă în amoebe și devin mixamoebe, care pot reveni la forma flagelată (mastigote). Două mixamoebe sau două mastigote pot fuziona și dau naștere la un zigot diploid. Zigotul se divide repetat prin mitoză și formează un plasmodiu multinuclear. Uneori plasmodiul poate căpăta în ciclul biologic aspectul unei rețele ca la *Echinostelium minutum* (fig. 2.7). Plasmodiul apare ca o aglomerare de celule lipsite de membrană despărțitoare, de celule amoeboide, ce nu-și pierd individualitatea și se comportă ca un tot unitar, numit plasmodiu de agregare. În condiții nefavorabile plasmodiul formează o formă de rezistență, **chist** sau **sclerot**.

Clasa Myxomycetes

Corpul de fuziune este un plasmodiu, de dimensiuni variabile. La unele specii mixosporangele prezintă **peridia**, **pedicelul** și **capilițiul** (sporii sunt înconjurați de filamente care sunt resturi de citoplasmă, impregnați cu CaCO_3).

Fuligo septica (floarea tăbăcarilor) formează plasmodii galbene pe lemnul putred, pe pieile tăbăcite și pe ustensilele vechi ale tăbăcarilor.

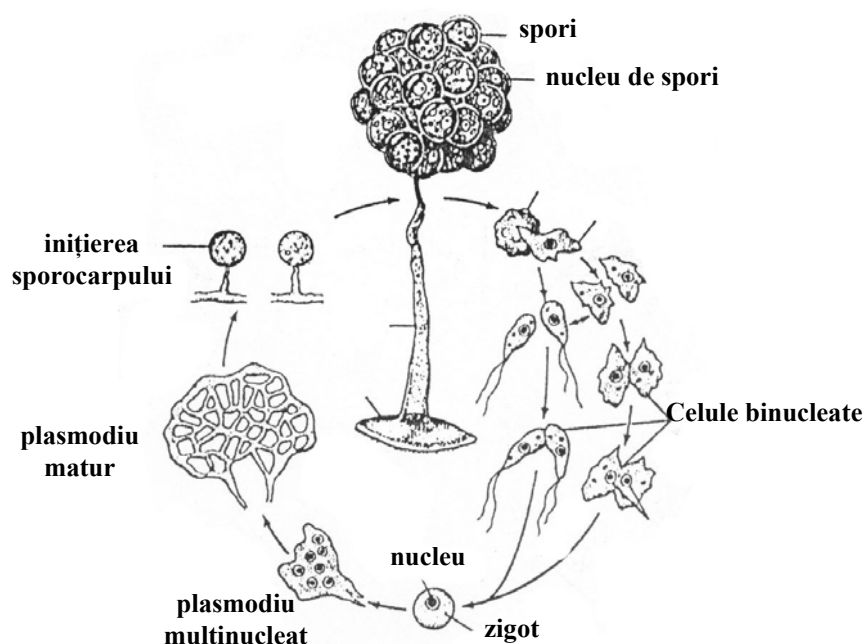


Fig. 2.7. Ciclul biologic al *Echinostelium minutum* (după L. Margulis și K. Schwartz, 2000)

Stemonites ferruginea trăiește pe lemnul putred din păduri. Plasmodiul este de culoare albă, iar sporocarpii de culoare neagră.

Specii ale genurilor: *Echinostelium*, *Clastoderma*, *Barbeyella*, *Lycogala* și *Dictydium* atacă lemnul de diferite esențe, intrat în putrefacție.

Speciile din această clasă pot acționa ca dăunători secundari sau terțiari pe unele dintre bunurile de patrimoniu expuse liber în natură, afectate de umiditate și de atacul altor specii biodeterioratoare.

Ordinul Stemonitales

Cuprinde specii care au mixosporii grupați, alungiți și pedicelați. Capilițiul este de cele mai multe ori reticulat. Nici capilițiul și nici columela nu au impregnări calcaroase.

Din familia Stemonitaceae prezentăm specia *Stemonitis ferruginea*. Se instalează pe lemnele putrede din păduri. Plasmodiul este alb-lăptos, iar mixosporangii sunt de culoare negricioasă; sunt cilindrici, lung pedicelați fixați de substrat printr-o formațiune lătită numită hipotal; înălțimea mixosporangilor este de 5-15 cm. Pedicelul prezintă în interior o columelă, de la care pornesc filamente subțiri care se anastomozează formând o rețea în ochiurile căreia se găsesc mixosporii. Rețeaua de filamente alcătuiește capilițiul. La exterior se găsește peridia care la maturitate crapă și eliberează mixosporii (fig. 2.8).

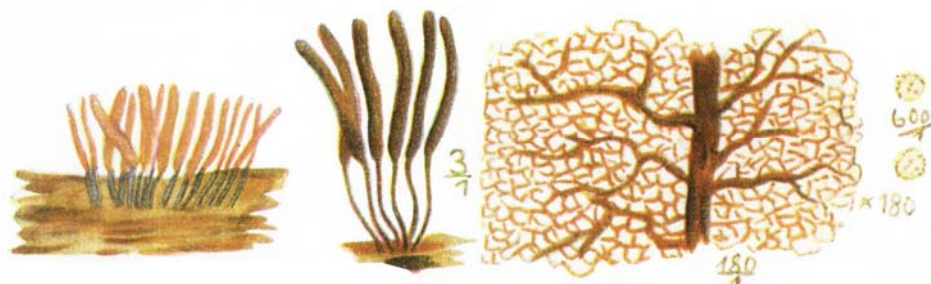


Fig. 2.8. *Stemonitis ferruginea*

Ordinul Physarales

Cuprinde specii la care pedicelul, capilițiul și peridia sunt impregnate cu calciu.

Familia Physaraceae

Physarum cinerum atacă plantele ierboase și arbuștii. Nu prezintă o semnificație deosebită în studiile noastre.

Fuligo septica, numită **floarea tăbăcarilor**, se găsește frecvent în tăbăcării, unde se fixează pe ustensilele confecționate din lemn sau pe rumeguș. Plasmodiul este galben-sulfuros și poate acoperi zeci de centimetri pătrați. Formează etalii mari, sub forma unor pernuțe, lungi de 15-20 cm, albe, roșii sau galbene. (fig. 2.9)



Fig. 2.9. *Fuligo septica*

Mucilago spongiosa, numită popular **scurpatul cucului**, atacă plantele ierboase, pe care formează etalii sub formă de manșon, de culoare albă.

Ordinul Liceales

Cuprinde specii care nu prezintă capilițiu, ci un pseudocapilițiu tubular sau filamentos, ramificat sau ondulat la suprafață. La unele specii prezintă plăci perforate.

Din familia Lycogalaceae prezintă importanță *Lycogala epidendrum* care atacă lemnele putrede din păduri; pot fi atacate și lemnele putrede din unele construcții.

Plasmodiul este de culoare roșie, cu aspect de coral; la maturitate devine galben-brun, apoi brun. Mixosporangii sunt subglobuloși, fixați pe substrat, de culoare ocru-brun la maturitate. (fig. 2.10) Se formează grupuri mari de etalii cu diametrul de 1,2-1,5 cm. Pseudocapilițiul este format din numeroase tuburi anastomozate din loc în loc și ramificate.



Fig. 2.10. *Lycogala epidendrum*

Ordinul Trichiales

Cuprinde specii cu mixosporangi pediculați sau sesili, fără columelă și cu capilițiul format dintr-o rețea de tuburi netede sau cu îngroșări neregulate.

Familia Trichiaceae cuprinde specii la care capilițiul este format din elatere tubulare, libere.

Trichia varia se instalează pe lemnele putrede din păduri sau chiar din unele construcții (la exterior). Plasmodiul este de culoare albă. Sporocarpii sunt mai mult sau mai puțin sferici, de 1-2 mm, grupați în grămăjoare care au aspectul unor icre de pește, de culoare galbenă (la maturitate).

Prezintă elatere libere, cu creste spiralate (fig. 2.11).

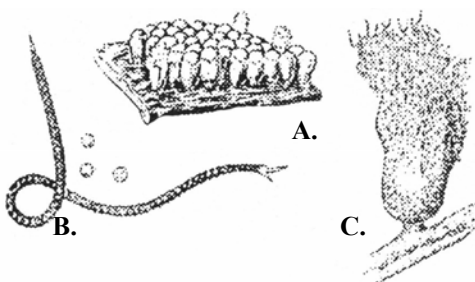


Fig. 2.11. *Trichia varia*: A – corpuri sporifere; B. Fir de capilițiu cu mixospori; C – sporange matur (după M.V. Gorlenko, 1990)

Hemitrichia vesparium prezintă un plasmodiu roșcat; la maturitate sporocarpii sunt grupați în grămăjoare mai deschise la culoare. Mixosporangii

sunt pedicelați, iar pedicelii se unesc într-un pedicel comun la bază (fig. 2.12). Atacă lemnele putrede.



Fig. 2.12. *Hemitrichia vesparium*

Familia Arcyriaceae

Speciile din această familie prezintă elatere tubulare, netede sau țepoase.

Arcyria cinerea atacă lemnele putrede din păduri.

Plasmodiul este de culoare albă, galbenă-roșietică sau cenușie.

Mixosporangii au forma ovală sau cilindrică, uneori aproape sferică; sunt izolați sau grupați (câte 15-25). Pedicelul este deosebit de scurt, însă, în unele cazuri se pot uni la bază mai mulți pediceli. Capilițiul are unele îngroșări sub formă de spini. (fig. 2.13)

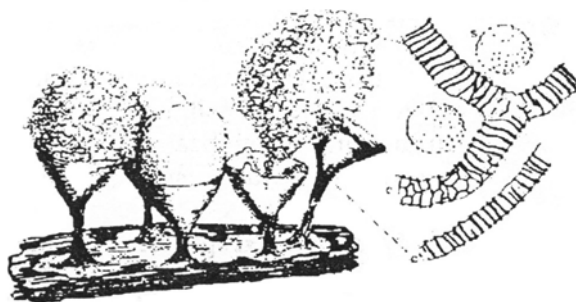


Fig. 2.13. *Arcyria cinerea* (după W. Gams și colab., 1982)

Arcyria nutans se aseamănă cu specia precedentă, însă mixosporangii au forma cilindrică. Culoarea mixosporangilor este galben-roșietică sau ocră. Atacă lemnul putred din păduri sau chiar din unele construcții. (fig. 2.14)



Fig. 2.14. *Arcyria nutans*

Încrengătura DINOMASTIGOTA

Sunt protiste care prezintă doi flageli: unul plasat într-o scobitură caracteristică, asemenea unei cingători în jurul celulei, iar celălalt este situat într-o scobitură longitudinală. Multe specii au perete rigid numit test.

Cele mai multe specii sunt marine și fac parte din fitoplancton. *Noctiluca miliaris* este bioluminiscentă și determină „aprinderea” mărilor și perioadele de „înflorire”. *Gonyaulax* produce fenomene de „înflorire” a apelor, unele specii fiind toxice.

Încrengătura CILIOPHORA

Cuprinde circa 10.000 de specii, care trăiesc în tot tipul de ape. Se caracterizează prin prezența cililor multipli și prin doi nuclei diferențiați: micronucleu (generativ) și macronucleu (vegetativ). Cilii au o structură asemănătoare cu a flagelilor. Înmulțirea sexuată este o conjugare.

Popular se numesc infuzori. Sunt adaptați la diferite moduri de viață și au o structură complicată a celulei. Se găsesc în infuzii. În bioderma vegetală care reține multă apă se pot găsi și ciliate.

Încrengătura APICOMPLEXA (SPOROZOA, TELOSPORIDIA)

Cuprinde specii parazite care trec prin faza de spor. Aceste specii au în regiune apicală structuri complexe.

În clasa Haemosporidia sunt cuprinse unele specii parazite la om care pot afecta grav sănătatea acestuia.

Plasmodium falciparum – provoacă febra terță malignă;

Plasmodium vivax – febra benignă;

Plasmodium malariae – febră cvartă.

Aceste specii produc malaria. Malaria începe cu o perioadă de incubatie când sporozoizii sunt localizați la nivelul ficatului, urmată de o fază necaracteristică, cu febră mare, cefalee și tulburări digestive, când poate fi confundată cu hepatita epidemică sau cu febra tifoidă. Perioada de criză se caracterizează prin accese febrile intermitente, anemie și splenomegalie. Plasmodium este localizat la nivelul hematiilor. Pielea și mucoasele se colorează datorită depunerii de hemozoină și hemosiderină. Dacă bolnavul rezistă la accesele de febră, atunci acestea devin mai rare și mai puțin intense.

Boala este transmisă de țânțarul *Anopheles maculipennis*. Ciclul biologic este complex și este ilustrat în fig. 2.15.

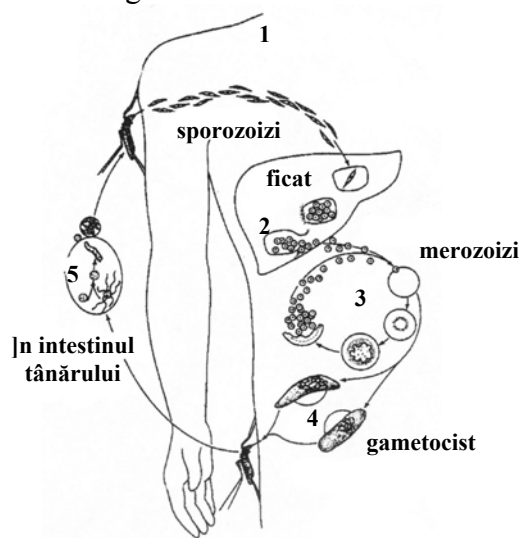


Fig. 2.15. Ciclul biologic la *Plasmodium* – 1-2 – sporozoi care pătrund în ficat și formează merozoizi (faza exo-eritrocitară); 3 – faza endo-eritrocitară; 4 – formarea gametociților; 5 – fazele din *Anopheles*

Încrengătura HAPTOMONADA

(Prymnesiophyta, Haptophyta, Coccolithophoridae)

Aici sunt încadrate algele aurii și coccolithoforidele. Cele mai multe specii sunt marine, dar se găsesc unele specii și în ape dulci. Coccolithoforidele prezintă la suprafață structuri impregnate cu carbonat de calciu, care au aspectul unor plăci sau deșeuri (fig. 2.16).

Haptomonadele se caracterizează prin prezența haptonemelor (flageli foarte spiralați). Haptomonadele tipice au două plastide galbene-aurii (chrysoplaste), înconjurate de un reticul endoplasmatic bogat care vine în contact cu membrana nucleară.

Plastidele conțin clorofilele a, C₁ și C₂; lipsesc clorofilele b și e.

Chrysochromulina ovalis au un singur flagel și un cromatofor auriu. În condiții neprielnice își leapădă flagelul și se închistează într-o membrană silicioasă.

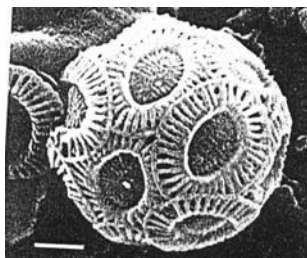


Fig. 2.16. *Emiliana huxleyi*, un cocolitoforid

Coccolithus pelagicus formează populații foarte mari.

Coccolitoforidele populau mările și oceanele în erele geologice trecute formând depozite importante, care pot fi exploatare în diferite scopuri.

În Carpații Orientali, în cadrul Unității de Tarcău au fost stabilite 11 asociații de coccolitoforide din orizonturile marnelor cu briozoare.

Încrengătura CRYPTOMONADA (CRYPTOPHYTA)

Cuprinde specii cu celule aplatizate, eliptice sau sferice, care înoată cu ușurință. Se găsesc și toate tipurile de ape. Prezintă doi flageli, unul alungit și plasat la nivelul citofaringelui sau a criptei. Sunt specii heterotrofe, care se hrănesc fagotrof și specii autotrofe, fotosintetizante, care pot determina fenomenul de „înflorire” a apelor.

Dintre genurile mai comune: *Chilomonas*, *Chroomonas*, *Cryptomonas* etc.

Cyathomonas truncata are o structură caracteristică acestui grup (fig. 2.17).

În unele cazuri specii de Cryptomonade se pot găsi pe perifitonul instalat pe diferite obiecte imersate în apă.

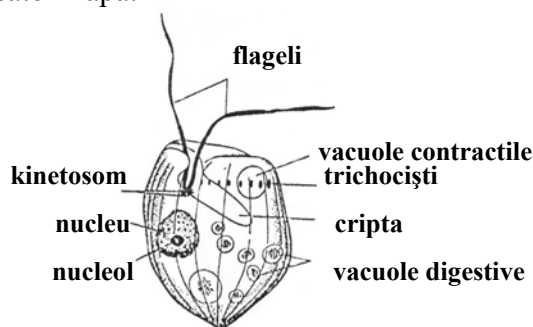


Fig. 2.17. Structura speciei *Cyathomonas truncata* (după Margulis și Schwartz, 2000)

Încrengătura DISCOMITOCHONDRIA (FLAGELLATA, ZOOMASTIGOTA, ZOOFLAGELLATA)

În această încrengătură sunt grupate organismele care au mitocondriile cu criste discoidale. Nu prezintă meioză și nici ciclul fertilizării.

Unele specii din clasa kinetoplastide sunt parazite la om provocând boli grave.

Trypanosoma gambiense produce „boala somnului”. Este transmisă de musca țete. *Trypanosoma brucei* produce o boală asemănătoare cu „boala somnului”, numită **nagana**, iar *Schizotrypanum cruzi* produce o boală gravă, o splenomegalie însoțită de febră, numită „chagas”, care este transmisă de o ploșniță. În gazdele intermediare tripanosomele formează alte stadii (fig. 2.18):

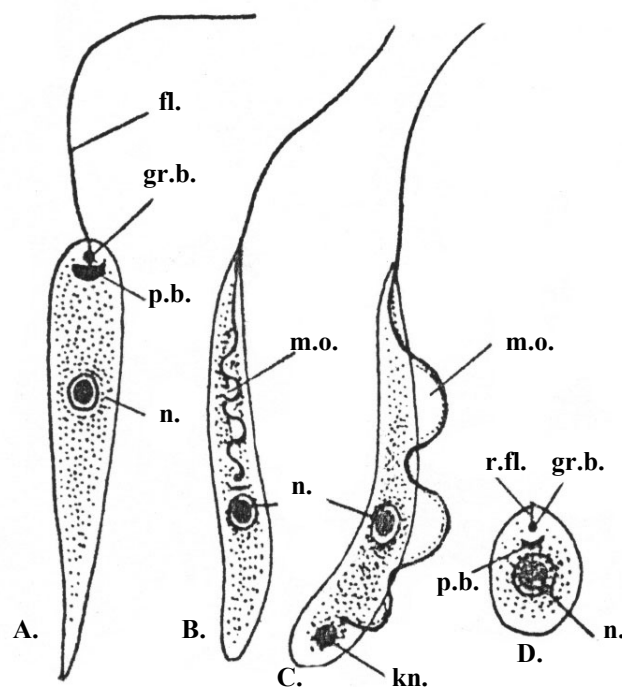


Fig. 2.18. Tipurile principale de tripanosome: A – *Leptomonas*; B – *Crithidia*; C – *Trypanosoma*; D – *Leishmania*: fl. – flagel; gr.b. – granul bazal; kn. – kinetonucleu; m.o. – membrană ondulantă; n. – nucleu; p.b. – aparat parabazal; r.fl. – rădăcină flagelară

Leishmania, fără flagel, însă în interior cu un blefaroplast și un început de flagel;

Leptomonas, cu flagelul bine dezvoltat, dar fără membrană ondulantă;

Critidia, cu flagel, dar cu membrana ondulantă redusă.

Încrengătura CHRYSONOMADA (CHRYSOSOPHYTA)

Specii cu flageli heteroconți (atașați anterior și inegal dezvoltati); flagelii sunt penați. Aici sunt încadrate alge care conțin pigmenți aurii (chrysos = auriu; phyton = plantă). Se găsesc în toate tipurile de ape. Nu prezintă meioza, nici stadii sexuale. Forează zoospori (roi de celule) care înoată și se dezvoltă în colonii.

Chrysomonadele interacționează puternic cu mineralele, în special cu siliciul și cu fierul. Silicomastigotele planctonice formează un țest sau o cochilie cu material luat din apă.

Ochromonas danica are o structură caracteristică acestui grup (fig. 2.19).

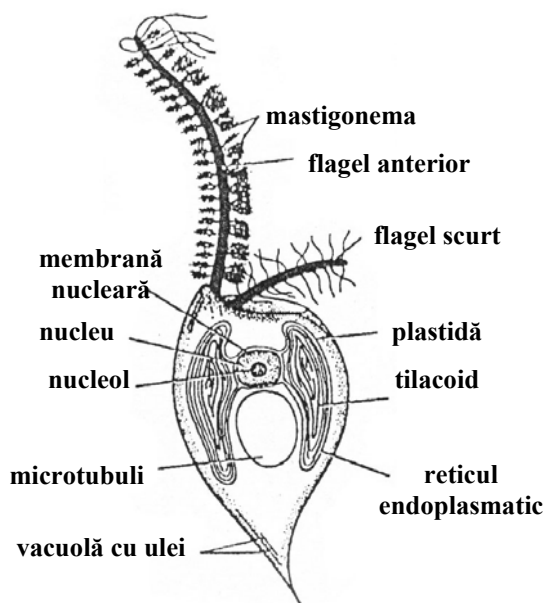


Fig. 2.19. Structura speciei *Ochromonas danica* (după L. Margulis și Schwartz, 2000)

Încrengătura XANTHOPHYTA

Sunt alge galbene-verzi (xanthos = galben; phyton = planta), unicelulare acvatiche sau edafice. Multe specii au un tal sifonal (tub cu citoplasmă și cu mulți nuclei). În celulă se poate găsi un singur nucleu (monoenergică) sau mai mulți nuclei (polienergică). Sunt specii autotrofe fotosintetizante, saprofite sau mixotrofe. Zoosporii sunt biflagelați, cu flagelii inegali (heterociști) (fig. 2.20). Conțin clorofilele a, C₁, C₂ și e. Dintre xanthine conțin cryptoxanthină, eoxanthină și diadinoxanthină).

Înmulțirea vegetativă se face prin diviziunea celulei sau prin fragmentarea talului. Înmulțirea asexuată se face prin zoospori poliflagelați, iar cea sexuată este o izogamie sau ovogamie.

Botrydium granulatum și *Vaucheria granulatum* trăiesc pe solul umed. Pot fi întâlnite și în bioderma vegetală de pe unele construcții, statui etc. de la malul apelor.

Ophiocytium arbuscula formează colonii filamentoase ramificate sau dispuse în ciorchine.

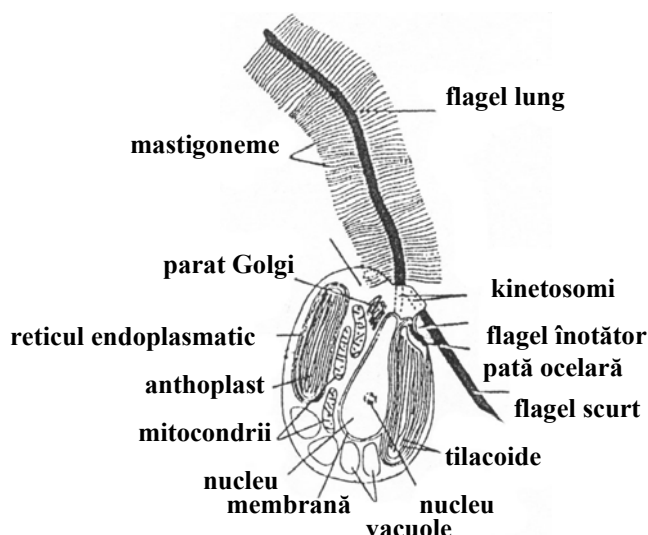


Fig. 2.20. Zoospor de *Ophiocytium arbuscula* (după L. Margulis și Schwartz, 2000)

Încrengătura EUSTIGMATOPHYTA

Se aseamănă cu xanthofitele. Prezintă pete oclare distincte și o organizare particulară, cu un set fotosintetic unic.

Sunt organisme de ape dulci. Conțin xanthoplaste care au clorofilele a, C₁, C₂ și e și beta caroten. Cele mai multe specii au un singur flagel penat, care servește la înnot. (fig. 2.21).

Pata oclară nu este asociată nici cu plastidele și nici cu membrana. Unele specii au doi flageli; unul penat și unul neted. Procesul sexual nu este cunoscut.

Dintre genurile mai comune menționăm: *Vischeria*, *Chlorobotrys*, *Eustigmatos* și *Polyedrella*.

Încrengătura DIATOMEA (BACILLARIOPHYTA)

Cuprinde alge monocelulare solitare, rar coloniale. Prezintă la exteriorul celulei un schelet silicios fixat pe frustulă. Frustula este peretele celular format din două jumătăți care se imbrică asemenea unei cutii: **epiteca** și **hipoteka** (fig. 2.22). Acestea sunt formate din valvă și un inel conectival. Epiteca se îmbină cu hipoteka prin marginile libere ale inelelor conectivale. Epiteca este ceva mai mare

decât hipoteca și o cuprinde pe aceasta. În timpul diviziunii epiteca trece la o celulă fiică, iar hipoteca la cealaltă.

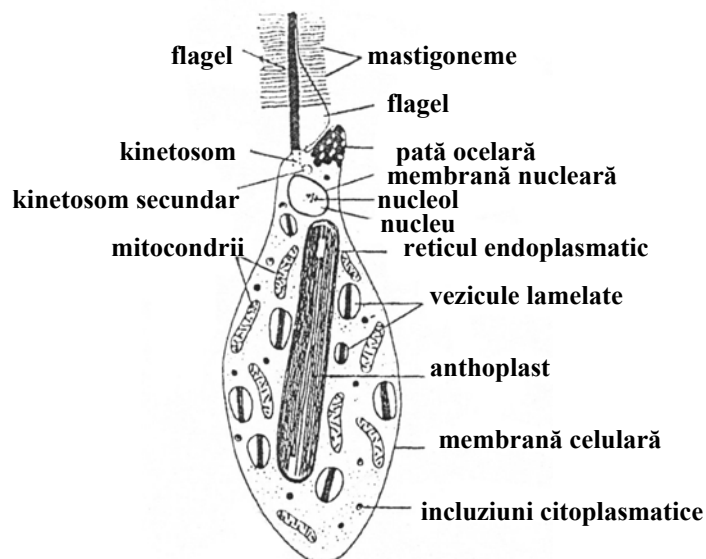


Fig. 2.21. Zoospor de *Vischeria* sp. (după Drawing și R. Golder)

Frustula poate prezenta unele benzi intercalare interpuse între inelul conectival și pleură.

Frustula poate prezenta o serie de elemente structurale: puncte, striuri sau lineole, coaste, cutări sau loje alungite, deschise în cavitatea celulară. Suprafața valvei poate apare reticulată, cu o serie de cavități numite **areole**. Peretele areolei poate prezenta pori, prin care citoplasma comunică cu exteriorul. Lojele pot avea o structură complexă.

La Pennatae există o structură numită rafă, care permite comunicarea citoplasmei cu nucleul. Poate avea o structură simplă sau deosebit de complicată. La unele specii se găsește o pseudorafă.

Coloniile pot fi vagile sau sesile și au diferite forme. Celulele sunt unite prin teci mucilaginoase sau prin diferite excrescențe ale frustulei. Unele colonii sunt fixate printr-un peduncul gelatinos.

Bacilariofitele sunt răspândite în toate mediile, atât acvatice cât și terestre. În sol trăiesc până la adâncimi de 0,25-1 m.

Ordinul Coscinodiscales

Cuprinde specii solitare sau cu indivizii uniți în colonii filamentoase în formă de lănișor. Frustulele sunt lenticulare, discoidale, sau cilindrice. Valvele

sunt plate sau convexe, cu ornamentații sub formă de striuri, coaste, puncte sau areole.

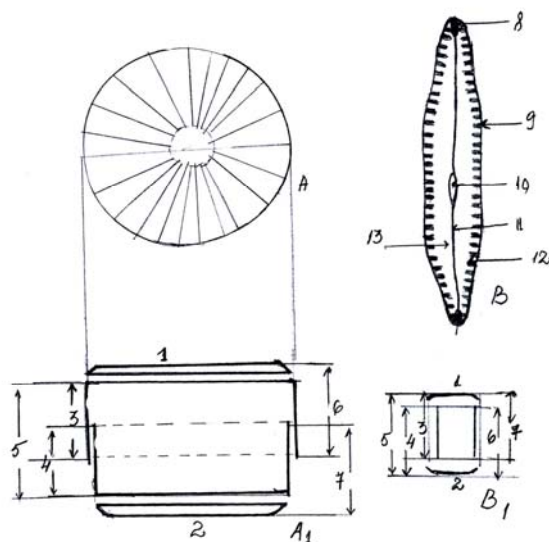


Fig. 2.22. Schema frustulei la diatomeelor: A - Aspect valvar, A1 - aspect conectival; B – aspect valvar, B2 – aspect conectival; 1. valva epitecii, 2. valva hipotecii, 3. inel conectival superior, 4. inel conectival inferior, 5. conectivă, 6. epitecă, 7. hipotecă, 8. nodul polar, 9. coaste, 10. nodul central, 11. aria axială, 12. rafă, 13. aria mediană

Familia Coscinodiscaceae

Specii cu frustule discoidale, lenticulare sau globuloase, unite în colonii filamentoase.

Cyclotella Kützing

Celulele sub formă de disc sau de tobă, libere sau fixate, solitare sau unite în colonii laxe cu ajutorul unui mucilagiu. Valvele sunt circulare sau eliptice cu relief ondulat tangențial sau concentric.

Specii marine, salmastre sau dulcicole. Unele se fixează pe diferite suporturi umede sau pe soluri.

Cyclotella caspia și *Cyclotella meneghiniana* (fig. 2.23).

Ordinul Fragilariales

Diatomee penate ale căror valve sunt lipsite de rafă. Celulele sunt alungite, drepte sau curbate, cu valve ornamentate cu striuri sau coaste transversale.

Familia Fragilariaceae

Specii de ape dulci și marine. Frustula este lipsită de zone intercalare și de septuri.

Fragilaria Lyngbye

Celule izopolare reunite în colonii sub forma unor panglici lungi. Valvele sunt fusiforme, eliptice, lineare, ondulate, rombice sau chiar tripolare. Suprafața valvelor este totdeauna ornată cu striuri fine. Pseudorafa este lineară (fig. 2.23).

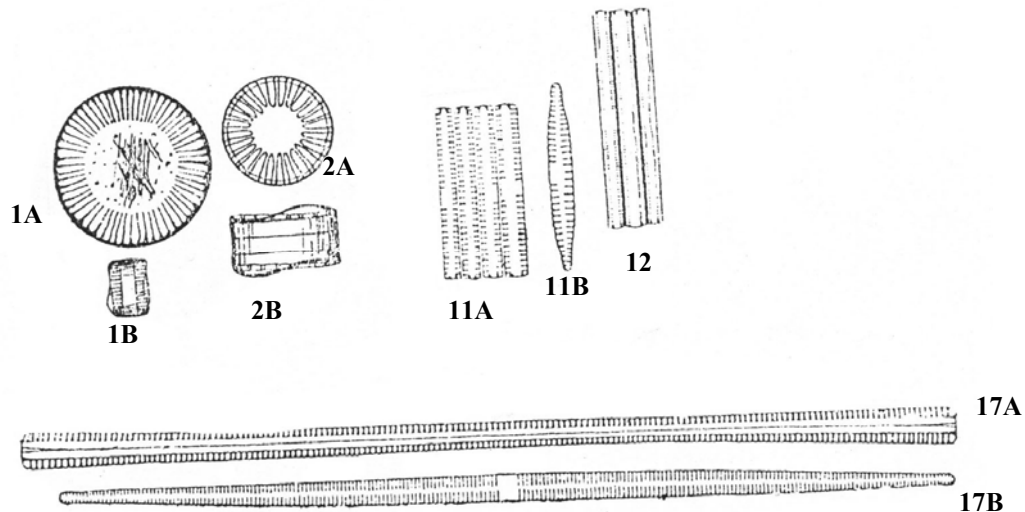


Fig. 2.23. Diatomee: 1A și 1B – *Cyclotella caspia*; 2A și 2B – *Cyclotella meneghiniana*; 11A și 11B – *Fragilaria intermedia*; 12 – *Fragilaria ulna*; 17A și 17B – *Synedra ulna*

Fragilaria intermedia și *Fragilaria capucina*.

Synedra Ehrenberg

Celule solitare, fixate sau liber plutitoare. Celulele formează rar mănunchiuri. Striurile transversale prezente. Marginile valvelor netede. Unele celule se unesc și formează un mănunchi care radiază din centru în toate planurile.

Synedra ulna (fig. 2.23).

Ordinul Achnantales

Specii cu valvele cu structuri diferite. Valva superioară are o pseudorafă axială, iar cea ventrală o rafă tipică. Celule izolate sau grupate în colonii sub formă de benzi sau arborescente. Celulele se pot fixa pe substrat prin valva inferioară care are multe pernuțe mucilaginoase.

Cocconeis Ehrenberg

Celulele sunt solitare, libere sau fixate. Valvele sunt eliptice, iar frustula privită pleural este dreaptă.

Cocconeis pediculus (fig. 2.24 – 1. A și B):

***Achnanthes* Bary**

Celulele solitare sau grupate în colonii fixate pe substrat printr-un picioruș gelatinos. Valvele sunt izopolare, lanceolate sau eliptice. Valva inferioară cu rafă și cu noduli. Rafa poate fi dreaptă sau îndoită în formă de S.

Achnanthes inflata (fig. 2.24 – 2. A, B, C).

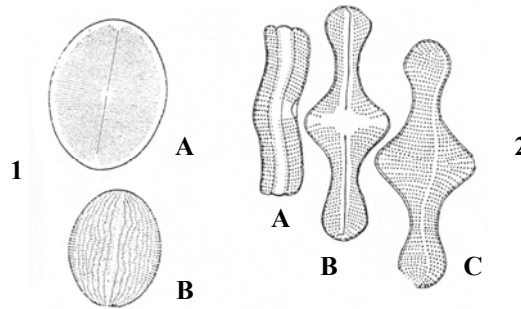


Fig. 2.24. Specii din ordinul Achnanthales: 1 A și B – *Cocconeis pediculus*; 2 A, B și C – *Achnanthes inflata*

Ordinul Naviculales

Cuprinde diatomee penate, care la ambele valve prezintă câte o rafă bine dezvoltată, sub forma unor fisuri. Rafa este situată pe o carenă.

Familia Naviculaceae

Este singura familie a ordinului și cuprinde 29 de genuri de apă dulce, salmastră sau marină. Unele specii se fixează pe soluri umede, pe ziduri sau pe diferite suporturi umede.

***Pinnularia* Ehrenberg**

Celulele solitare sau grupate în benzi eliptice sau lanceolate, cu polii rotunjiți. Rafa este dreaptă sau curbată. Suprafața valvelor este armată de coaste groase la speciile mari și de striuri la cele mici.

Pinnularia nobilis și *Pinnularia alpina* (fig. 2.25, 3 și 4)

***Diploneis* Ehrenberg**

Valvele sunt eliptice, îngustate la mijloc. Liniile paralele cu rafa se întind pe toată lungimea ei.

Diploneis ovalis (fig. 2.25, 1).

***Navicula* Bary**

Valvele liniare, lanceolate, eliptice cu extremitățile rotunjite, ascuțite la capete, cu o rafă simplă. Aria centrală nu are formă de cruce, nu atinge marginile valvei decât în cazuri excepționale. Striurile fine, punctate sau lineolate.

Navicula cuspidata (fig. 2.25, 5)

***Amphora* Ehrenberg**

Valvele sunt bombate și trunchiate la ambele capete. În apropiere de marginile convexe se observă rafele celor două valve.

Amphora ovalis (fig. 2.25, 6)

Cymbella Agardh

Celule solitare, libere sau fixate printr-un picioruș gelatinos. Pot forma colonii de forma unor tuburi gelatinoase. Rafa este sub formă de seceră sau aproape dreaptă.

Cymbella helvetica (fig. 2.25, 7)

Gomphonema Agardh

Celule libere sau fixate printr-un picioruș gelatinos. Valvele sunt lanceolate sau cuneiforme, cu rafa dreaptă și fără linii paralele la marginea valvelor.

Gomphonema intricatum (fig. 2.25, 8)

Neidium Pfitz

Valvele au contur liniar, eliptic sau lanceolat, rotunjite la capete. Suprafața valvelor este ornată cu striuri punctate sau lineolate. La marginea valvelor striurile sunt întretăiate de linii longitudinale.

Neidium iridis (fig. 2.25, 9)

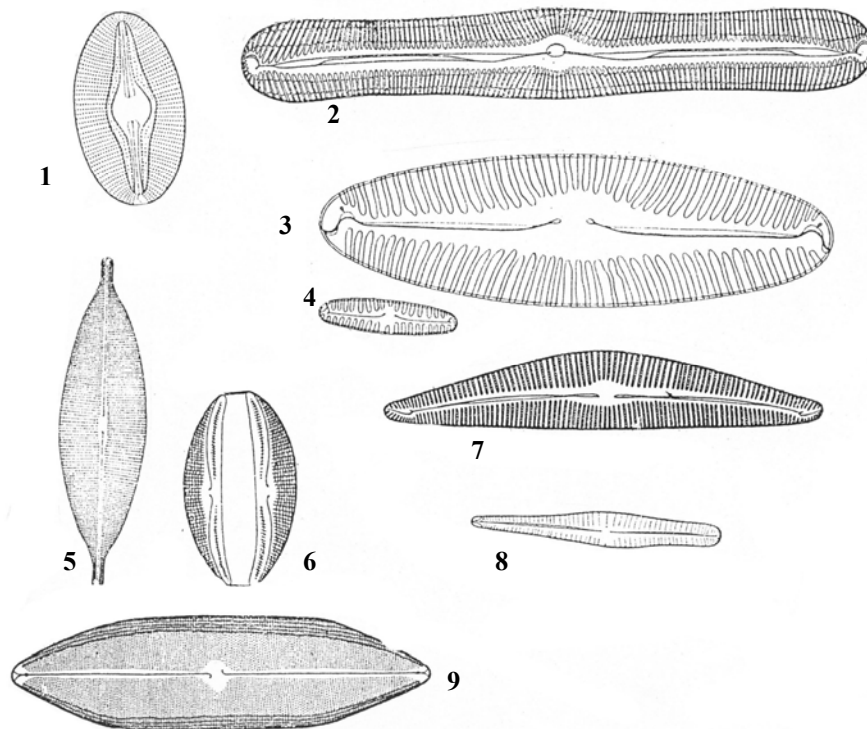


Fig. 2.25. Specii din ordinul Naviculales: 1. *Diploneis ovalis*; 2. *Pinnularia nobilis*; 3. *Pinnularia alpina*; 4. *Pinnularia borealis*; 5. *Navicula cuspidata*; 6. *Amphora ovalis*; 7. *Cymbella helvetica*; 8. *Gomphonema intricatum*; 9. *Neidium iridis*

Ordinul Bacillariales

Cuprinde diatomee care au o rafă sub forma unui tub gol.

Familia Nitzschiaceae

Specii de formă fusiformă sau îndoite în formă de „S”. Canalul rafean cu pori bine marcați, numiți adesea „puncte carenale”. Valvele sunt ornate de striuri transversale punctate.

Hantzschia Grunov

Speciile prezintă frustulă îndoită în formă de semilună, cu polii capitați. Carena și canalul rafean sunt situate pe marginea concavă a valvei. Valvele prezintă striuri fine, punctate sau cu coaste robuste.

Hantzschia amphioxys poate să se fixeze pe solurile umede (fig. 2.26, 1)

Nitzschia Hassall

Specii formate din celule solitare sau coloniale; colonii stelate sau sub forma unor tuburi gelatinoase simple sau ramificate. Marginile laterale ale valvelor sunt convexe, ondulate sau sub formă de „S”. Suprafața valvelor este ornată cu coaste groase la formele mari și cu striuri foarte fine la speciile mici.

Rafele celor două valve sunt așezate pe margini diametral opuse, fiind paralele între ele.

Nitzschia sigmoidea (fig. 2.26, 2)

Familia Surirellaceae

Prezintă patru genuri cu specii de apă dulce, sărată și marină.

Surirella spiralis prezintă frustula răsucită; forma este caracteristică. Se întâlnește în mări și în apele dulci (fig. 2.26, 3).

Am insistat cu prezentarea bacilariofitelor deoarece unele dintre speciile menționate pot fi întâlnite în bioderma vegetală care se formează pe unele construcții sau bunuri de patrimoniu situate în apa sau în mediu cu umiditate ridicată. Literatura de specialitate citează multe specii de bacilariofite implicate în procesele de biodeteriorare.

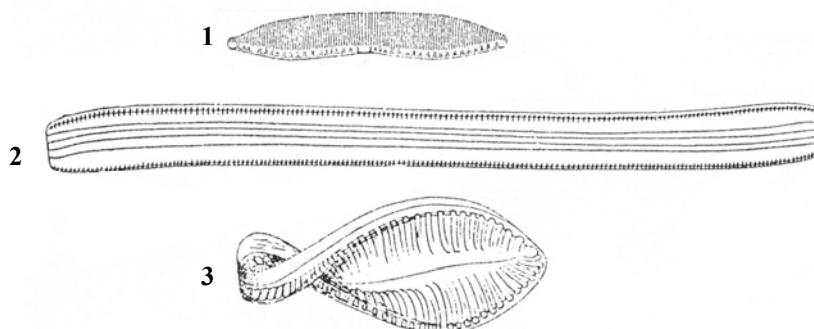


Fig. 2.26. Specii din ordinul Bacillariales: 1. *Hantzschia amphioxys*; 2. *Nitzschia sigmoidea*; 3. *Surirella spiralis*

Încrengătura PHAEOPHYTA (Alge brune)

Cuprinde alge superioare de culoare brună datorită unui pigment caracteristic – fucoxantină, alături de clorofila a și c, de carotină și xantofilă. Cuprinde specii ale căror tal poate depăși 30 m, iar la unele specii 200 m. Cele mai multe specii se găsesc în mările reci, nordice. Se găsesc și în Marea Neagră.

Talul este pluricelular. Poate fi filamentos simplu sau ramificat, lamelar, cu marginea nedivizată (*Laminaria*) sau sectată. Uneori talul poate avea habitusul unor plante superioare (*Macrocystis*) cu rizoizi, cauloizi și filoizi. Unele specii au și țesuturi conducătoare, asimilatoare și de rezervă. Nu sintetizează amidon. Între substanțele de rezervă se pot întâlni fucosanul, laminarină, manită etc. Peretele celular poate conține puțină celuloză, însă și mulți algiinați sau conferă un aspect gelatinos.

Creșterea talului se face prin anumite celule de creștere localizate în vârful axei sau al ramurilor, fie intercalare, situate de-a lungul talului.

Majoritatea sunt specii autotrofe, însă sunt și heterotrofe și chiar parazite.

Înmulțirea asexuată se face prin zoospori biflagelați. Flagelii sunt inegali, iar unul este orientat înainte, iar altul înapoi. La unele specii sporii au organite de mișcare.

Înmulțirea sexuată se face cu ajutorul gameților. Gameții masculi sunt piriformi și biflagelați; cei femeli sunt fără organite de mișcare.

Alternanța de generații este evidentă. Generațiile pot fi izomorfe sau diferite (heteromorfe). La speciile superioare dispăre generația gametofitică.

Există și partenogeneză și chiar apogamie.

Se consideră că sunt trei subclase: Isogeneratophycidae, Heterogeneratophycidae și Cyclosporophycidae.

Din subclasa Isogeneratophycidae, ordinul Dictyotales nominalizăm alga *Dictyota dichotoma*, care are un tal lamelar, ramificat dichotomic, erect, depășind 30 cm înălțime. Este fixat printr-o formațiune sub formă de disc prevăzută cu prelungiri sub formă de rizoizi. Talul este format dintr-un strat de celule mari, acoperite de celule corticale mici, asimilatoare.

Între Heterogeneratophycidae menționăm genurile *Macrocystis* și *Laminaria*, din ordinul Laminariales. Aici intră algele cu cel mai mare tal cunoscut.

Laminaria face parte din familia Laminariaceae. Gametofitul este reprezentat de un protal, iar saprofitul are un tal foarte dezvoltat întreg sau incizat, cu suprafața netedă sau ondulată și cu vacuole aeriene. Răspândită în emisfera nordică a Terrei. Este extrem de importantă pentru laminaranul pe care îl produce. De asemenea manitalul se găsește în cantități mari în celulele de *Laminaria* și de *Cystoseira*.

Laminaria andersonii are talul lamelar, fără nervura mediană, cu marginile drepte, neondulate, în timp ce *L. solidungula* are marginile puternic ondulate (fig. 2.27 și 2.28).

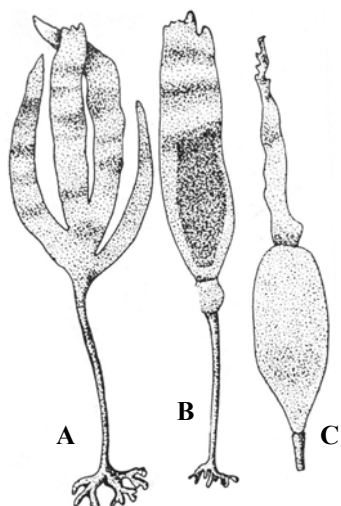


Fig. 2.27. *Laminaria andersonii*: A. – saprofit B. și C. – faze din regenerarea noii lamine

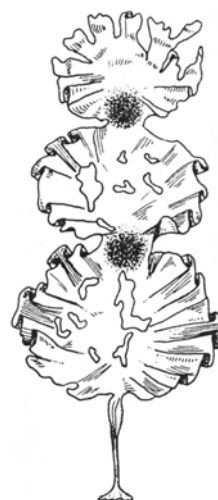


Fig. 2.28. *Laminaria solidungula*

Între *Cyclosporophycidae*, din ordinul *Fucales*, fac parte specii de *Fucus* și *Pelvetia*. Sunt alge mari, cu talul cilindric, ușor aplatizat, fixat printr-un disc sau printr-un rizom.

La *Fucus vesiculosus* talul este mare până la 1 metru (fig. 2.29). Este răspândit în Atlanticul de Nord.

Din familia *Sargassaceae* fac parte alge brune, foarte mari, cu talul ramificat. *Sargassum linifolium* (fig. 2.30) se găsește în Oc. Atlantic și Pacific și în bazinul Mării Mediterane. Din familia *Cystoseiraceae* se găsesc și în Marea Neagră specii de *Cystoserira*. *Cystoseira barbata* este cea mai frecventă (fig. 2.31, Pl. I). Din această algă se extrage manitalul.



Fig. 2.29. *Fucus vesiculosus*



Fig. 2.30. *Sargassum linifolium*

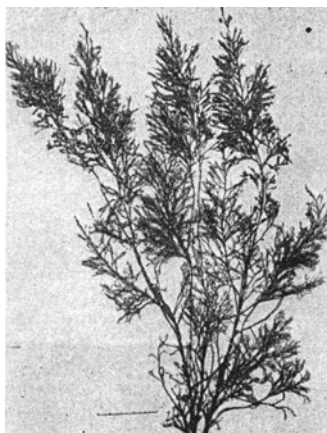


Fig. 2.31. *Cystoseira barbata*

Încrengătura LABYRINTHULATA

O încrengătură cu o structură a organismelor cu totul particulară. Prezintă o importanță științifică prin particularitățile structurale.

Încrengătura PLASMODIOPHORA

Cuprinde specii care au fost încadrate între ciupercile primitive parazite. Ținând cont de faptul că în ciclul biologic trec printr-un stadiu de plasmodium multinucleat, pereții celulari lipsesc, iar zoosporii sunt biflagelați au fost grupați într-o încrengătură separată.

Specia reprezentativă este *Plasmodiophora brassicae*, o specie parazită, care produce boala numită hernia rădăcinilor de varză.

Tot aici încadrăm și genurile *Octomyxa*, *Polymyxa*, *Tetramyxa* etc.

Încrengătura OOMYCOTA (OOMYCETES)

Cuprinde variate mucegaiuri de apă, **rugini albe**, praf de mucegai etc. Sunt agenți patogeni de diferite plante. Se hrănesc ca și ciupercile prin hife pe care le introduc în gazdă. Reproducerea sexuată este o **heterogametangiogamie**, numită și **oogamie**. Miceliul este un sifonoplast inter- și intracelular. Se înmulțesc asexuat prin zoospori. Zoosporii pot fi flagelați. Se pot forma și conidii sau pseudoconidii.

Saprolegnia cuprinde specii saprofite pe animale din ape. Este vorba de „mucegaiurile de apă”. La nivelul unor hife groase se formează zoosporangii, de formă cilindrică. La maturitate din zoosporange ies zoospori biflagelați (fig. 2.32).

Oogonul și anteridiile se dezvoltă pe ramificațiile laterale ale hifelor principale.

Saprolegnia ferox are aparatul vegetativ un sifonoplast care se dezvoltă bine în mediul acvatic.

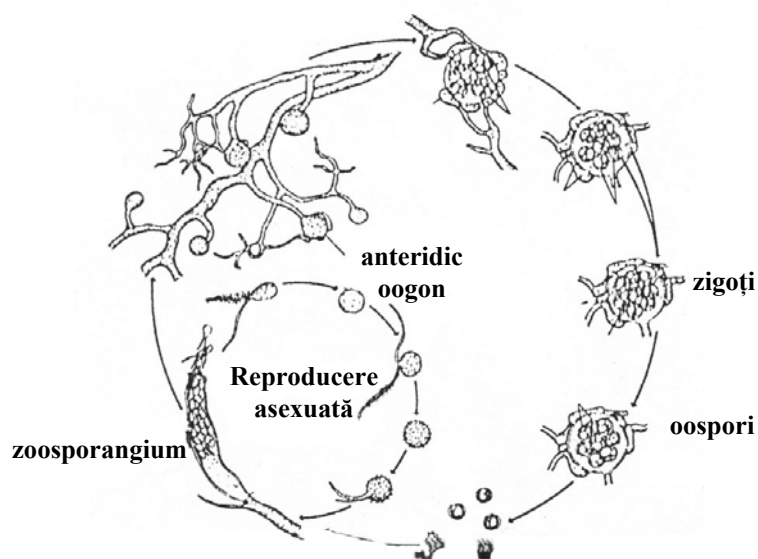


Fig. 2.32 Ciclul biologic al speciei *Saprolegnia* (după Raven J. et coll., 1986)

Specii de *Rhipidium* și *Lagenidium* sunt comune și se dezvoltă pe suprafața fructelor în descompunere.

Pythium de baryanum produce putregaiul rășinoaselor. În anumite condiții poate provoca pagube unor obiecte de patrimoniu.

Încrengătura CHYTRIDIOMYCOTA

Au fost încadrate între fungi. Filamentele lor invadează țesuturile gazdei sau substanțelor organice moarte pe care se instalează. Prezența celulelor flagelate este o caracteristică. Flagelul este situat anterior și asigură un înot rapid. Aparatul vegetativ este un **sifonoplast**, iar la unele specii chiar un miceliu pluricelular. Talul poate fi holocarpic ori eucarpic. La cele cu talul holocarpic acestea se formează în țesutul gazdei și este format dintr-un organ reproductiv care poartă rizoizi, asemenea unor rădăcini, care penetrează substratul și realizează hrănirea. La cele cu talul eucarpic hifele se găsesc la suprafață, rar în țesuturile gazdei. Organul reproductiv asexuat este un zoosporange, care formează zoospori. Zoosporii au un flagel cu care se mișcă activ.

Hyphochytrium catenoides atacă polenul coniferelor.

Specii de *Anisopidium* și *Rhizidiomyces apophysatus* atacă diferite specii de plante.

Încrengătura HAPLOSPORA

Cuprinde specii parazite, cele mai multe la pești și la alte animale marine. Sunt organisme unicelulare primitive, care conțin mitocondrii tubuloveziculare.

Nu au pereți celulari și nici flageli în ciclul biologic; reticulul endoplasmatic este redus și prezintă puțini ribozomi.

Haplosporidium nelsoni este specia cea mai bine cercetată.

Încrengătura PARAMYXA

Cuprinde organisme parazite. Deși au mitocondrii statutul lor de paraziți obligați exclude creșterea lor pe diferite medii.

Paramyxa paradoxa trăiește ca parazit în celulele intestinale ale anelidelor.

RHODOPHYTA (Alge roșii)

Trăiesc în ape marine, salmastre și puține în ape dulci. Se numesc alge roșii datorită prezenței pigmentului roșu – ficoeritrina, care maschează verdele clorofilei a. Clorofila b lipsește. În schimb aceste alge pot conține și carotină, xantofilă și chiar ficocianină.

Talul are structuri foarte variate. Talul poate fi de două tipuri: de tip central și în formă de tufă. În primul caz cele mai multe filamente au o poziție centrală, însă se ramifică lateral. În cazul talului sub formă de tufă filamentele paralele se ramifică la exterior prin vârfurile lor ca la *Furcellaria fastigota* (fig. 2.33).

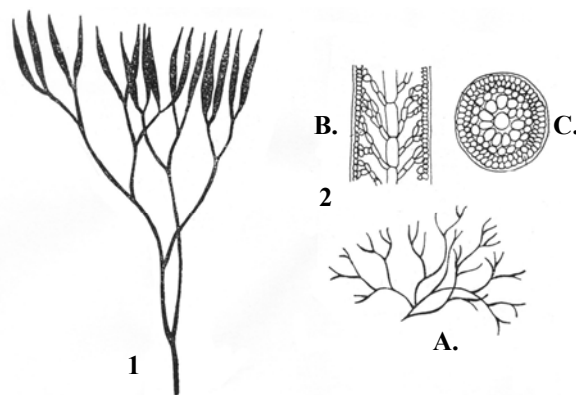


Fig. 2.33. 1. Ramificația talului la *Furcellaria fastigota*; 2. Talul la *Caulacanthus ustulatus*: A. – habitus; B. – secțiune longitudinală printr-un filament; C. – secțiune transversală

Înmulțirea asexuată se realizează prin spori. Sporii iau naștere în tetrasporangi din care cauză se numesc tetraspori. La unele specii în sporangii se poate forma un singur spor, iar la altele mai mulți spori. Sporii nu au organe de locomoție și sunt purtați de apă.

Se pot forma și carpospori, care sunt monospori, haploizi, sau diploizi care se formează la nivelul unor celule terminale ale unor filamente sporogene.

Înmulțirea sexuată este o oogamie tipică. La unele specii prezintă unele specializări particulare (*Ceramium*, *Callithamion*). Prezintă o alternanță de generații: talul este haploid, iar zigotul este diploid. Sunt și specii haplodiplobionte.

Subclasa Bangiophycidae

Cuprinde alge roșii marine, de apă dulce și terestre, cu structura mono- sau pluricelulară. Prezintă o creștere intercalară, toate celulele păstrând însușirea de a se divide. Talul este filamentos, haplobiont, sub formă lamelară. Celulele au un cromatofor stelat.

Ordinul Goniotrichales

Talul format din filamente simple sau ramificate, pluricelulare acoperite de o membrană groasă. Din familia Goniotrichaceae menționăm pe *Asterocystes smaragdina*, care are un tal verde-albăstrui și trăiește și în apele dulci.

Ordinul Bangiales

Talul este format din câteva rânduri de celule care alcătuiesc un țesut pseudoparenchimatous; talul este filamentos, ramificat sau nu.

Din familia Bangiaceae amintim de *Bangia atropurpurea* (fig. 2.34, 1) care trăiește în apele dulci și în cele marine din Europa și America de Nord. Este singura specie de apă dulce. Se găsește în unele fântâni arteziene din Tivoli – Italia și poate afecta bunurile de patrimoniu.

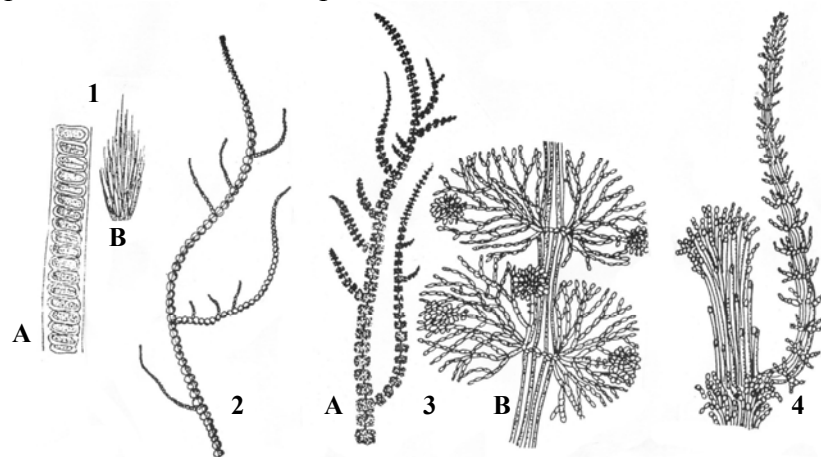


Fig. 2.34. 1. *Bangia atropurpurea*: A. - aspect macroscopic; B. – aspect microscopic; 2. *Batrachospermum helminthosum*; 3. *Batrachospermum moniliforme*: A – un ram mărit; B. – aspectul talului; 4. *Batrachospermum atrum*

Ordinul Porphyridiales

Cuprinde specii cu talul format din celule izolate sau din colonii palmeloide. Reproducerea sexuată lipsește.

Familia Porphyridiaceae

Grupează alge tericole, cu tal mucilaginos, format din celule pedicelate, coalescente.

Porphyra linearis se găsește în golfurile marine liniștite, are un miros plăcut și este comestibilă.

Talul este roșu-violaceu, lamelar, cu aspect foliaceu. Poate atinge 40-100 cm.

Porphyra leucosticta are talul mult lățit (fig. 2.35, Pl. I).



Fig. 2.35. *Porphyra leucosticta*

Ordinul Goniotriconales

Cuprinde alge pluricelulare, cu talul simplu sau ramificat. Celulele sunt elipsoidale sau cilindrice, separate între ele, cu substanțe mucilaginoase.

Familia Phragmonemataceae

Alge cu talul nediferențiat, filamentos, simplu sau ramificat. Plastidele au formă de panglică, fără pirenoizi și orientate parietal.

Talul filamentos, neramificat, concreșcut la bază. Membrana celulară la început este subțire, apoi devine mucilaginoasă. *Phragmonema sordidum* este o algă cu talul subțire, care se fixează pe suporturile acvatice putând produce unele neajunsuri.

Subclasa Florideophycidae

Cuprinde alge marine, filamentoase, pluricelulare cu talul format din cladomi uni- sau multiaxiali. Celulele sunt uni- sau plurinucleate.

Ordinul Nemalionales

Prezintă un tal filamentos, cilindric sau lamelar. Celulele sunt uninucleate și au cromatofirii dispuși central sau parietal.

Familia Batrachospermaceae

Cuprinde alge filamentoase violet, purpurii sau gri-albăstrui care se întâlnesc în ape dulci, curate, fixate de pietre. Talul este simplu sau ramificat.

Alge răspândite în ape dulci, limpezi, lin curgătoare: *Batrachospermum helminthosum*, *B. moniliforme*, *B. atrum* (fig. 2.34, 2, 3, 4). Talul formează tufe mici, moi și gelatinoase de culoare roșie sau cenușie.

Ordinul Gigantinales

Cuprinde specii marine, cu cladomi multiaxiali. Celulele au câțiva cromatofori discoidali.

Familia Phyllophoraceae

Cuprinde alge cu talul cilindric sau plat, simplu sau ramificat. Tetrasporii se dezvoltă pe suprafața talului, unde ocupă zone bine determinate.

Genul *Phyllophora* cuprinde specii cu tal lamelar, simplu sau ramificat, cu ramificații liniare, cuneiforme sau rotunjite.

Din familia Phyllophoraceae, care include alge cu talul cilindric sau aplatizat, simplu sau ramificat, nominalizăm speciile: *Phyllophora membranifolia*, *P. nervosa* (Pl. I), *P. brodiaei*, *P. interrupta* care se găsesc în Marea Neagră (fig. 2.36). Formau așa-numitul „câmp al lui Zernov” de peste 11.000 Km². Acum au mai rămas pâlcuri de câțiva Km², ca urmare a impactului antropic.

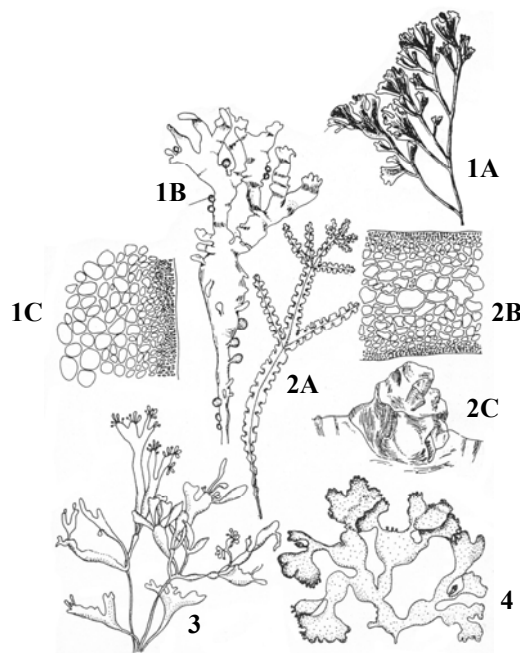


Fig. 2.36. *Phyllophora membranifolia*: 1A – habitus; 1B – fragment din tal cu nemateci; 1C – fragment dintr-o secțiune transversală prin tal; 2. *P. nervosa*: 2A – habitus; 2B – fragment dintr-o secțiune transversală; 2C – nematecă; 3. *P. brodiaei*; 4. *P. interrupta* (după Migula, Zinova, Taylor)

Ordinul Cryptonemiales

Cuprinde specii marine și dulcicole. Gametofitul și sporofitul se aseamănă morfologic. Speciile pot fi calcaroase sau nu.

Hildenbrandtia rivularis, din familia Hildenbrandtiaceae prezintă un tal roșu-carmin, care se fixează sub formă de cruste coriacee subțiri, pe diferite pietre din apele dulci dând aspectul unor picturi rupestre.

Din familia Corallinaceae fac parte alge cu talul mono- sau pluristratificat, încrustat cu carbonați, imitând corali.

Specii de *Melobesia*, *Dermatolithon*, *Lithothamnion*, *Lithoporella*, *Lithophyllum*, *Corallina* se fixează pe pereți și pe diferite suporturi acvatiche având un aspect cu talul particular.

Ordinul Ceramiales

Este cel mai bogat în specii, peste 1300 de specii răspândite în toate mările lumii. Gametofitul este asemănător cu sporofitul. Talul este uni- sau pluricelular, de forme diferite.

În familia Ceramiaceae intră specii filamentoase, mono- sau pluricelulare, cu talul ramificat, acoperit în parte de celule mici care alcătuiesc un strat cortical.

Speciile de *Ceramium* sunt mult apreciate deoarece dau un agar de calitate. Mai comune în Marea Neagră sunt speciile: *Ceramium elegans*, *C. rubrum* (Pl. I), *C. diaphanum*, *C. tenuissimum*, *C. ciliatum*, *C. ranulosum* etc. (fig. 2.37).

Agarul de bună calitate se extrage din unele alge roșii, în special din *Gelidium*, dar și din alte alge precum: *Acanthopeltis japonica*, *Gracilaria pterocladia*, *Ahnfeltia plicata* etc.

Încrengătura GAMOPHYTA

Cuprinde alge verzi care nu au celule flagelate în ciclul biologic. Reproducerea sexuată este o conjugare. Lipsește înmulțirea prin spori. Prezintă cromatofori bine dezvoltati, de formă stelată, în forma de panglică răsucită în spirală sau în formă de plăci. Pe cromatofor se găsesc numeroși pirenoizi (amidonul se depune pe cromatofori sub forma unor aglomerări lucitoare, numite pirenoizi). Sunt specii autotrofe fotosintetizante, ce conțin clorofilele a și b.

Sunt alge haploide și nu au alternanță de generații.

În clasa Euconjugata sunt incluse alge filamentoase precum *Zygnema*, *Spirogyra*, *Maugeotia*, *Netrium*.

Spirogyra elongata (mătasea broaștei) este una dintre cele mai răspândite alge din apele dulci. Talul este filamentos, neramificat, lunecos la pipăit, ca o mătase, de culoare verde-deschis. Celulele sunt cilindrice, mult alipite, puse cap la cap. Nucleul este mare, central, iar cromatoforul răsucit în spirală (fig. 2.38).

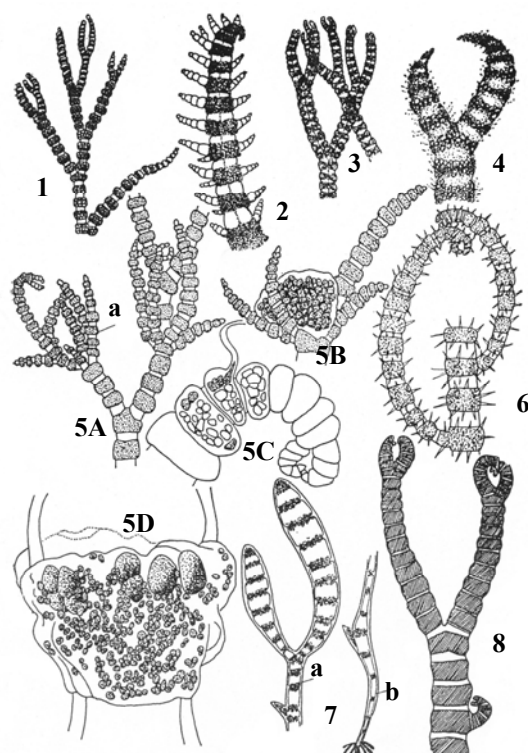


Fig. 2.37. 1. *Ceramium tenuissimum*; 2. *C. ciliatum*; 3. *C. tenerrimum*; 4. *C. ramulosum*; 5. *C. elegans*: 5A – fragment de tal cu ramurere acoperite (a) rămase după căderea cistocarpului; 5B – cistocarp; 5C – vârful ramurelei cu filamente carpogoniale; 5D – nodul; 6. *C. echionotum*; 7. *C. bertholdii* (se observă diferența foarte netă dintre diametrul extremității superioare (a) umflată în măciucă și baza frondei (b) care a fost detașată de substrat cu rizoizi); 8. *C. elegans* var. *Diaphanoideum*, ramificație terminală (după Funk, Fott, Zinova, Celan și Șerbănescu, Migula, Feldmann-Mazoyer)

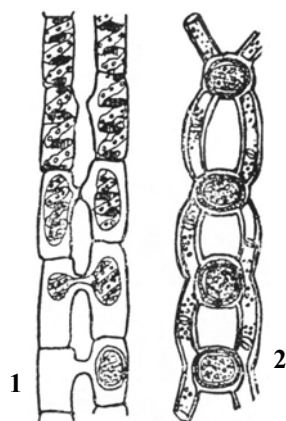


Fig. 2.38. Formarea zigotului la Conjugatae: 1. *Spirogyra elongata*; 2. *Mougeotia calcarea*

Se înmulțește asexuat prin diviziunea celulară transversală, iar reproducerea sexuată este o conjugare tipică. Celulele din două filamente vecine se alipesc, trimit prelungiri a căror membrană se resoarbe și se formează un canal de comunicare. Conținutul celular al fiecărei celule se comportă ca un gamet. Gametul mascul trece în celula vecină, fuzionează cu cel femel și formează un zigot. Zigoții se formează numai în filamentele femele. Se poate întâmpla însă să se formeze zigoți partenogenetici; se produc tuburi copulatoare, dar protoplaștii rămân pe loc, nu se contopesc și formează zigoți. Zigotul se învelește cu o membrană brună sau roșcată, cade la fundul apei, unde rămâne în stare latentă până primăvara. În această perioadă are loc și fuzionarea nucleilor. La germinare are loc reducerea cromatică, iar alga este haploidă.

Încrengătura ACTINOPODA

Cuprinde multe specii care erau grupate în Radiolari. Au fost studiate de Ernst Haeckel. Unele specii formează un schelet pe bază de siliciu și de stronțiu, cu o structură foarte complexă, adevărate bibelouri naturale. Aici încadrăm clasele: Heliozoa, Phaeodoria și Polycistina.

Cuprinde specii exclusiv marine, cu schelet silicios, care poate da naștere la roci prin fosilizare. Scheletul este foarte variat ca formă, structurat din capsule succesive silicioase și din spiculi de diferite forme. La *Actinoma asteracanthion* și la *Clothrocyclas ionis* scheletul formează o adevărată broderie (fig. 2.39).

Radiolarii au format, în timp geologic, depozite masive silicioase de radiolarite. Scheletele radiolarilor sunt foarte rezistente, astfel că radiolaritele sunt folosite ca pietre de lustruit, denumite „tripoli”. Radiolaritele fiind poroase sunt folosite la fabricarea dinamitei.

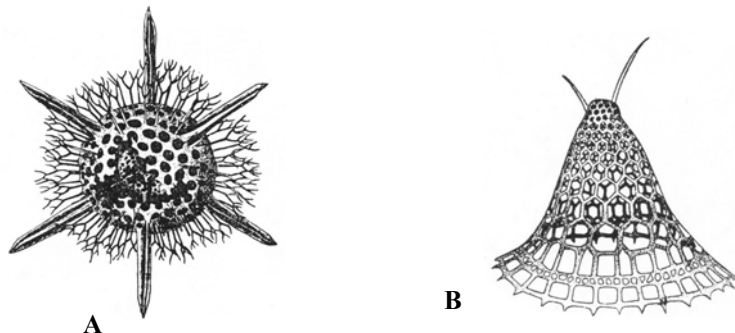


Fig. 2.39. A. *Actinoma asteracanthion*; B. *Clothrocyclas ionis*

Încrengătura CHLOROPHYTA (Alge verzi)

Trăiesc în toate tipurile de ape, pe solurile umede, pe ziduri, pe straturi și pe diferite suporturi umede. Talul este unicelular sau pluricelular. Celulele au un perete pectocelulozic, impregnat uneori cu săruri de calciu. Prezintă unul sau mai mulți nucleu. Cromatoforii sunt verzi și au forme variate. Conțin clorofilele a și b,

iar produsul de sinteză este amidonul. Pe cromatofori se găsesc pirenoizi, care sunt formați din granule de amidon.

Înmulțirea vegetativă se realizează prin diviziunea celulelor sau a talului, iar cea asexuată prin zoospori sau aplanospori. Înmulțirea sexuată este o copulație sau o conjugare. Copulația înseamnă fuzionarea a două celule specializate, haploide, care poartă numele de gameți. După formă și dimensiuni deosebim: **izogameți** (când morfologic sunt asemănători, însă funcțional se diferențiază în gameți masculi și gameți femeli), **anizogameți** (sau heterogameți), unul mai mare fiind gametul femel, iar altul mai mic gametul mascul, sau **oogameți** (diferențiați morfologic; gametul femel este mai mare, nu prezintă flageli și nu este mobil (oosfera) iar gametul mascul este mai mic și mobil).

Trăiesc în foarte multe tipuri de medii: în apele dulci, în cele salmastre și în cele marine, pe roci, pe soluri, pe trunchiurile copacilor, pe diferite suporturi umede. Celulele sunt indiferente față de structura chimică a substratului. Se pot fixa pe pietre, pe lemn, pe plante diferite, pe material plastic, pe metale etc. Rocile care au structură heterogenă și cu suprafața neregulată sunt preferate celor cu suprafața netedă.

În încrengătura Chlorophyta deosebim mai multe clase: Chlorophyceae, Ulvophyceae, Charophyceae și Prasinophyceae.

Chlorophyceae are mai multe ordine: Volvocales, Chlorococcales, Oedogonales, Chaetophorales.

Ordinul Volvocales cuprinde alge unicelulare, solitare sau coloniale. În mod normal celulele au doi flageli și un cromatofor în formă de clopot, pe care se fixează un pirenoid. Se înmulțesc asexuat prin zoospori, iar sexuat prin gameți flagelați.

Chlamydomonas are specii unicelulare, biflagelate, cu cromatofor sub formă de clopot și un ocel (stigma roșie) (fig. 2.40).

Unele specii de *Chlamydomonas* preferă, alături de apele dulci și marine și unele soluri. Specii de *Parapolytoma* au fost semnalate pe solurile umede din grădini și pe zidurile cu igrasie.

Specii de *Bracteacoccus* și cele de *Spongiocloris* se pot fixa pe diferite soluri, fiind humicole.

Chlamydomonas nivalis are uneori o înmulțire exponențială și colorează zăpada în roșu.

Genul *Volvox* cuprinde mai multe specii coloniale, cu colonii mari, sub formă de sferă, cu celulele diferențiate morfofiziologic (fig. 2.41).

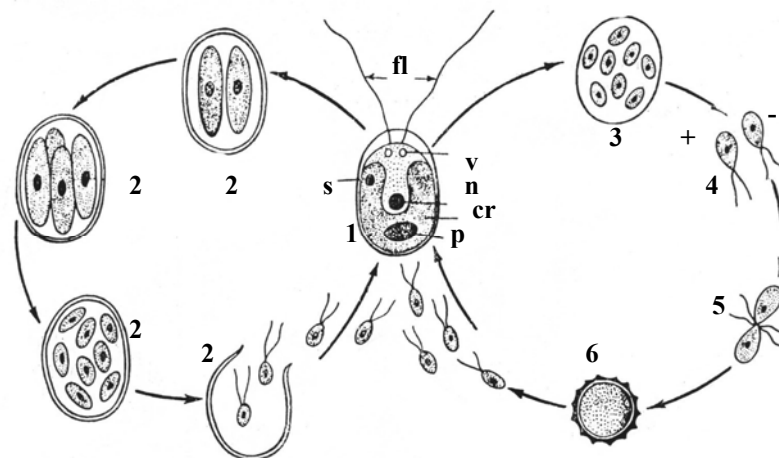


Fig. 2.40. *Chlamydomonas*: 1 – forma adultă: v – vacuole, s – stigma, cr – cromatofor, n – nucleu, p – pirenoid, fl – flageli; 2 – înmulțirea asexuată; 3 – înmulțirea sexuală – izogameți; 4 – doi izogameți de sex diferit; 5 – copularea lor; 6 – zigot; 7 – chlamidomonadele tinere ies din zigot

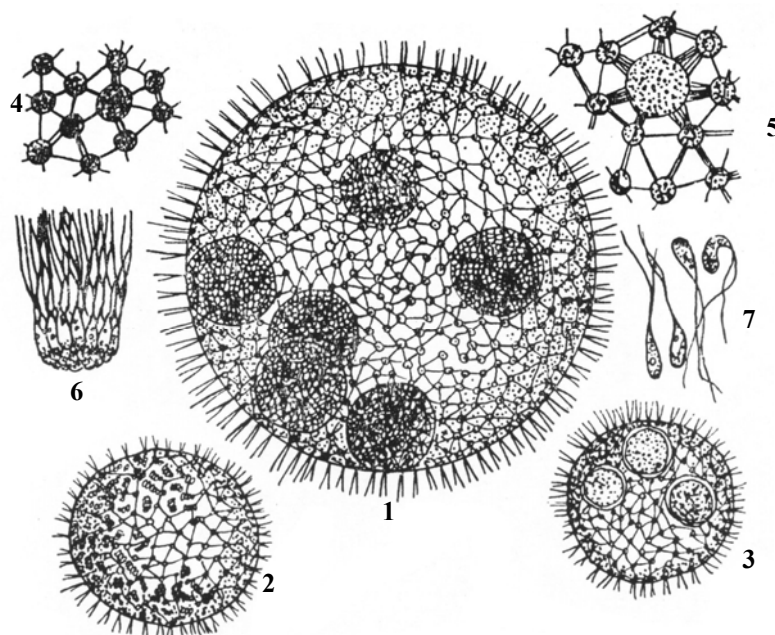


Fig. 2.41. *Volvox aureus*: 1 – colonie matură, cu colonii fiice la interior; 2 – colonie masculă cu anterozoizi; 3 – colonie femelă cu 3 oospori; 4 – porțiune dintr-o colonie cu o celulă (mamă) spermatogenă; 5 – porțiune dintr-o colonie cu celulă-ou tânără; 6 – fascicul de anterozoizi; 7 – anterozoizi izolați

Ordinul Chlorococcales cuprinde alge verzi, unicelulare sau coloniale, fără flageli.

Din familia Chlorellaceae fac parte multe specii de *Chlorella*.

Chlorella vulgaris este o specie unicelulară, care trăiește pe diferite tipuri de soluri umede, pe garduri, pe ziduri; formează colonii cu câte 2-4 indivizi (celule).

Chlorella pyrenoidosa produce un antibiotic numit chlorelin.

Pleurococcus vulgaris („**verzeala zidurilor**”) se fixează pe ziduri, pe stânci, pe garduri, pe scoarța copacilor și pe alte suporturi umede expuse în aer liber. A fost identificată în structura biodermei vegetale care acoperă piatra din zidul Bisericii „Treii Ierarhi” din Iași și a altor lăcașuri de cult.

Speciile de *Chlorella* și *Pleurococcus* prezintă un început de adaptare la viața terestră. Se fixează pe solurile umede, pe ziduri, pe garduri și pe alte suporturi umede. Reprezintă o componentă principală a asociațiilor numite bioderma vegetale, care acoperă diferite suporturi umede. Bioderma vegetală este formată din alge, bacterii, ciuperci, la care se pot asocia și unele specii de mușchi și de licheni. Bioderma vegetală prezintă un rol important în procesul de biodegradare a suportului pe care se fixează, indiferent de natura sa.

În ordinul Oedogoniales intră specii comune ale genului *Oedogonium*, cu talul filamentos, neramificat. Celulele pot produce câte un zoospor mare, cu coroană de cili, sau câte un oogon globulos (fig. 2.42).

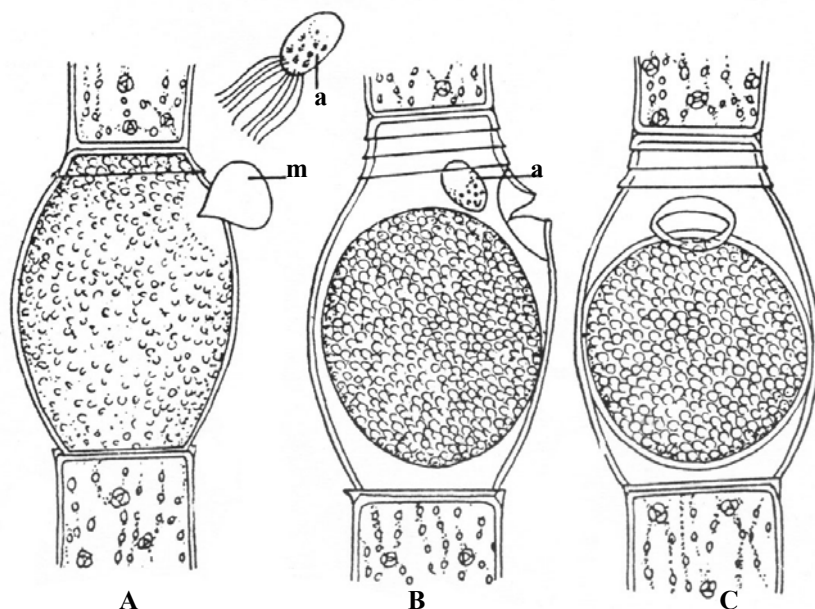


Fig. 2.42. *Oedogonium crassum*, fecundare: A – oogon matur; m – picătură de mucilagi; a – anterozoid; B – oogon imediat după fecundare, cu un anterozoid supranumerar (a) rămas în interiorul oogonului; C – zigot complet format

În ordinul Chaetophorales intră alge cu o organizare destul de complexă. Prezintă un disc bazal, uneori pseudoparenchim și filamente purtătoare de organe de reproducere.

Coleochaeta pulvinata este o algă verde, cu talul de forma unui disc care se prinde de substrat. De la disc se ridică filamente pluricelulare, ramificate dichotomic (fig. 2.43).

Reproducerea sexuată se realizează curent. La capătul unui filament se formează 2-3 celule mici, care devin anteridii și în fiecare se dezvoltă câte un anterozoid sferic, biciliat. Oogonul se formează la vârful altui filament. Are forma unei butelii cu gât (trihogin). Anterzoidul pătrunde prin trihogin și fecundează oosfera din oogon. Oul (zigotul) se înconjură cu celule provenite din celulele filamentului. Zigotul cade la fundul apei, iar primăvara germinează. Are loc reducerea somatică, iar talul care se formează este haploid.

Se poate fixa pe unele obiecte de patrimoniu din ape sau chiar din medii umede.

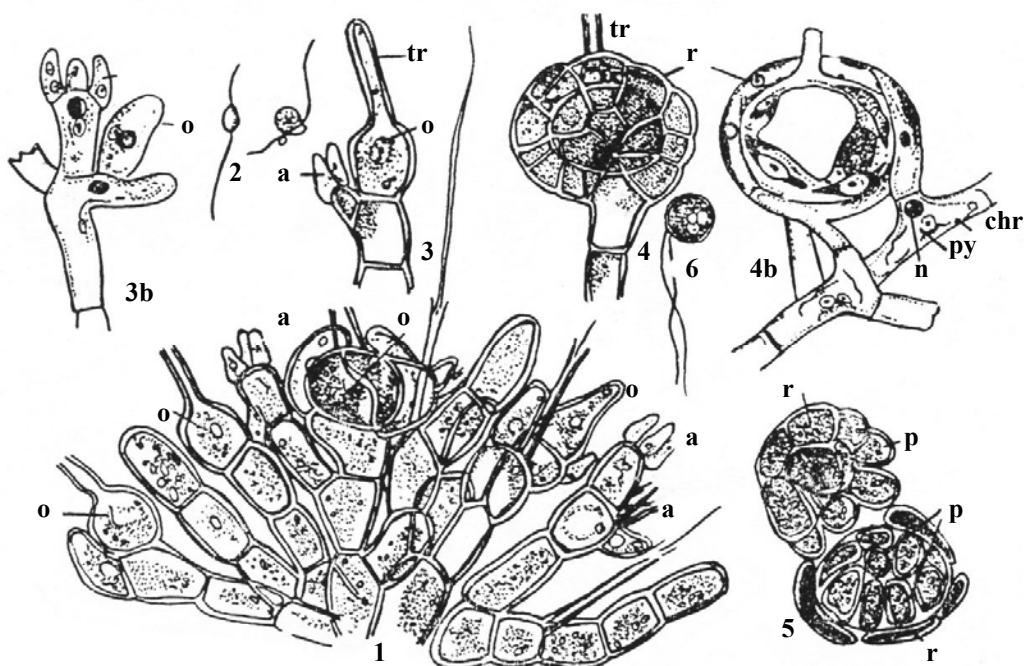


Fig. 2.43. *Coleochaeta pulvinata*: 1 – secțiune prin tal cu anteridii (a) și oogoaie (o); 2 – anterozoizi; 3 – și 3b – ramurile izolate cu anteridii (a) și oogoaie (o); 4 și 4b – oogoaie după fecundare; filamente sterile (r) formează în jurul lor o „scoarță”; tr – tricogin; n – nucleu; py – pirenoide; chr – cromatofor; 5 – oospor eliberând celule – mamă ale zoosporilor (p); r – celule proiectoare sterile; 6 – zoospor biflagelat

Ordinul Siphonocladales

Cuprinde specii de alge verzi având celule cu mai mulți nuclei.

Din familia Cladophoraceae face parte *Cladophora glomerata* numită popular „**lâna broaștei**”, cu talul filamentos, însă ramificat. Este fixat pe pietre sau pe sol cu ajutorul unor rizoizi. În fiecare celulă se găsesc mai mulți nuclei care se divid independent de diviziunea celulară. Celulele au câte un cromatofor mare, în formă de rețea, pe care se găsesc numeroși pirenoizi.

Înmulțirea asexuată se realizează prin zoospori, iar cea sexuată prin gameți, care sunt asemănători (izogameți).

Zygnema are doi cromatofori stelați, așezați de o parte și de alta a nucleului.

La *Mougeotia* zigotul se formează între filamente, în canalul copulator și nu participă tot conținutul celular la formarea lui.

Unele specii pot afecta obiectele de patrimoniu care sunt imersate în apele dulci.

Clasa Ulvophyceae

Cuprinde specii marine și de apă dulce.

Din ordinul **Ulotrichales** fac parte *Ulva*, *Enteromorpha*, *Cylindrocapsa* etc. *Ulva* are un tal foliaceu și poate ajunge la dimensiuni foarte mari (de până la 1 metru) (fig. 2.44). *Enteromorpha* are un tal cilindric, asemenea unui intestin subțire. Sunt specii marine care se fixează pe substraturi calcaroase (Pl. I).

Ulothrix zonata trăiește în apele dulci. Se fixează de substrat printr-o celulă bazală (rizoidală). Talul este filamentos, neramificat (fig. 2.45). Cromatoforul are aspectul unui brâu incomplet, pe care se fixează pirenoizii. Filamentul are creștere intercalară deoarece fiecare celulă se poate divide.

Reproducerea asexuată se face prin zoospori, iar cea sexuată prin izogameți.

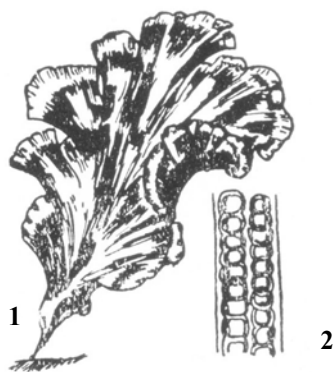


Fig. 2.44. *Ulva lactuca*: 1 – habitus; 2 – secțiune prin tal

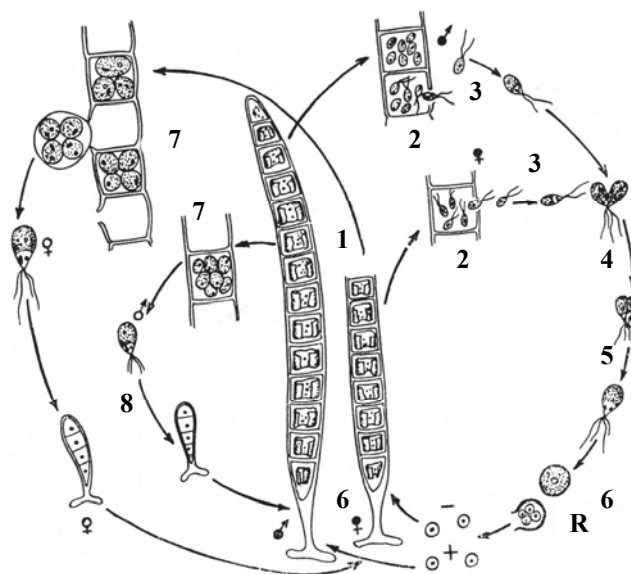


Fig. 2.45. *Ulothrix zonata* – ciclul de dezvoltare: 1 – două filamente sexuale; 2 – porțiuni de filamente producătoare de gameți; 3 – gameții părăsesc gametangul; 4 – gameții copulează; 5 – planzigot; 6 – zigot formând spori; 7 – formarea macrozoosporilor și microzoosporilor; 8 – germinarea lor

Încrengătura CHYTRIDIOMYCOTA

După secvențele de nucleotide ar fi evoluat prin desprinderea dintr-o linie ancestrală de fungi. Aparatul vegetativ este un gimnoplast, care se poate transforma în zoosporange.

Peretele celular conține chitină, însă unele specii au și celuloză. Talul este de tip cenocitic (cu mulți nuclei care nu sunt separați de un perete celular). La unele specii hifele au pseudosepte, care nu realizează complet separația.

Toate speciile au **zoospori flagelați**, care se formează în zoosporangium. **Zoosporii au un singur flagel**. Înmulțirea sexuată poate fi izogamie. Rar se întâlnește și heterogamia sau chiar oogamia. Gameții se unesc și dau un zigozoospor diploid. La această încrengătură domină faza haploidă.

În clasa Blastocladales specii ale genurilor *Allomyces*, *Blastocladia* și *Coelomyces* trăiesc în sol, în apă și pe resturi vegetale și animale.

Monoblepharella și *Monoblepharis* din clasa Monoblepharidales sunt saprofite și cu hifele neseptate.

Genurile *Allomyces*, *Blastocladella* și *Coelomyces* atacă diferite ciuperci și nevertebrate acvatice.

Unele specii pot provoca pagube unor bunuri de patrimoniu.

Allomyces arbusculus este o specie reprezentativă.

Încrengătura ZOOMASTIGOTA (ZOOFLAGELATE)

Cuprinde specii fagotrofe sau osmotrofe, unicelulare, aerobe. Ar reprezenta ancesorii animalelor. Flagelul poate fi simplu sau cu filamente fine dispuse penat ca la *Acronema sippewissettensis*.

Proteromonadinele trăiesc în intestinul posterior al unor specii de amfibieni, reptile sau mamifere.

Opalina ranarum trăiește în cloacul de la *Rana*.

Choanoflagelatele au o structură caracteristică, cu celule cu guleraș (choanocite) și pot fi solitare sau coloniale.